การลดความสูญเสียในการปรับตั้งเครื่องฉีดชิ้นส่วนพลาสติก

น.ส.พรรษชล พวงดี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2563
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Loss Reduction in Injection Molding Machine Setup

Miss Pansachol Puangdee

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Industrial Engineering
Department of Industrial Engineering
FACULTY OF ENGINEERING
Chulalongkorn University
Academic Year 2020

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การลดความสูญเสียในการปรับตั้งเครื่องฉีดชิ้นส่วนพลาสติก
โดย	น.ส.พรรษชล พวงดี
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิภาวี ธรรมาภรณ์พิลาศ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์)

..... กรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ ตั้งจิตสิตเจริญ)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย พัวจินดาเนตร)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

พรรษชล พวงดี : การลดความสูญเสียในการปรับตั้งเครื่องฉีดชิ้นส่วนพลาสติก. (Loss Reduction in Injection Molding Machine Setup) อ.ที่ปรึกษาหลัก : รศ.จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดความสูญเสียอันได้แก่เวลาและปริมาณของเสียในระหว่างการปรับตั้งเครื่องฉีดในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนพลาสติกในเบาะรถยนต์ โดยงานวิจัยนี้จะทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาด้วยแผนภาพแสดงสาเหตุและผล พร้อมทั้งคัดเลือกตัวแปรนำเข้าโดยใช้การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) จากนั้นทำการประยุกต์ใช้หลักการออกแบบการทดลองเพื่อหาปัจจัยนำเข้าที่มีนัยสำคัญที่ส่งผลให้เกิดของเสียประเภทฉีดไม่เต็มและฟองอากาศซึ่งเกิดขึ้นในช่วงของการปรับตั้ง จากการศึกษาพบว่าปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดของเสียประเภทฉีดไม่เต็มและฟองอากาศของชิ้นงานพลาสติกปิดด้านหลังเบาะด้านซ้าย ได้แก่ ความดันในการฉีด อุณหภูมิเบ้า และอุณหภูมิพลาสติกหลอมเหลว โดยระดับปัจจัยที่เหมาะสมคือ ความดันในการฉีดเท่ากับ 105 kg/cm^2 อุณหภูมิเบ้า 60 °C และอุณหภูมิพลาสติกหลอมเหลว 230 °C โดยเมื่อนำระดับปัจจัยที่เหมาะสมมาทำการปรับใช้ในกระบวนการผลิตชิ้นงานพลาสติกปิดด้านหลังเบาะด้านซ้ายและประยุกต์ใช้กับการผลิตพลาสติกติกปิดด้านหลังเบาะด้านขวา พบว่าปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นในช่วงปรับฉีดของชิ้นงานพลาสติกปิดด้านหลังเบาะด้านซ้ายและขวาลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยปริมาณของเสียประเภทฉีดไม่เต็มที่เกิดในช่วงการปรับฉีดเฉลี่ยลดลงจาก 25 ชิ้น เหลือเพียง 6 ชิ้น ปริมาณของเสียประเภทฟองอากาศที่เกิดในช่วงการปรับฉีดเฉลี่ยลดลงจาก 18 เหลือ 3 ชิ้น ปริมาณของเสียที่เกิดทั้งประเภทฉีดไม่เต็มและฟองอากาศภายในชิ้นงานเดียวกันในช่วงการปรับฉีดเฉลี่ยลดลงจาก 16 เหลือ 3 ชิ้น ซึ่งการปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยใช้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการปรับตั้งเครื่องฉีดพลาสติกยังสามารถช่วยลดเวลาในการทำงานลงได้จาก 48.57 นาที ลดลงเหลือ 17.60 นาที ทำให้โรงงานกรณีศึกษาสามารถผลิตชิ้นงานพลาสติกปิดด้านหลังเบาะด้านซ้ายเพิ่มขึ้นได้ 21 ชิ้นต่อวัน หรือ 420 ชิ้นต่อเดือน และยังพบว่าสามารถลดของเสียในช่วงผลิตจริงได้จาก 1.41% เหลือ 1.16%

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2563 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

6170943021 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEYWORD: Loss reduction, Quality improvement

Pansachol Puangdee : Loss Reduction in Injection Molding Machine Setup . Advisor: Assoc. Prof. JEERAPAT NGAOPRASERTWONG

The objective of this research was to reduce time and defects from the injection molding process of plastic parts in the car seats due to main cause of this problem was the amount of defect that occurs during the injection set condition. This research started by studying in detail of the production process and selected the factors by Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) and applied the Design of Experiments (DOE) approach to reduce the defects. It was found that the factors leading to short shot and void/bubble defects of Plastic Main Back LH were injection pressure, cavity temperature, and melt temperature. The results showed that the appropriate parameter settings of injection pressure is 105 kg/cm^2, cavity temperature is 60 °C, and melt temperature is 230 °C. When the obtained factor levels were applied in the Plastic Main Back LH and RH production process, it was found that the amount of defects that occurred during the injection set condition of the Plastic Main Back LH and RH decreased significantly. The amount of short shot defect during the parameter setting was reduced from 25 to 6 pcs. The amount of void/bubble defect during the parameter setting was reduced from 18 to 3 pcs. The amount of parts that have short shot and void within the same part during the parameter setting was reduced from 16 to 3 pcs. and it was also found that the setup of the injection molding machine can also help reduce the operating time from 48.57 minutes to 17.60 minutes, which enabled the case study factory to produce 21 pcs/day, or 420 pcs/month. The percentage of defect during the actual production decreased from 1.41% to 1.16%

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Field of Study: Industrial Engineering Student's Signature .....

Academic Year: 2020 Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลือและความกรุณาอย่างดียิ่งของ รองศาสตราจารย์ จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่คอยสละเวลาในการชี้แนะ ให้คำแนะนำในสิ่งต่างๆ เพื่อให้เป็นแนวทางในการดำเนินงานวิจัย อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำวิจัย

ขอขอบคุณรองศาสตราจารย์ ดร. วิภาวี ธรรมาภรณ์พิลาศ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ , รองศาสตราจารย์สมเกียรติ ตั้งจิตสิตเจริญ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย พัวจินดาเนตร กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ช่วยกรุณาให้คำแนะนำ ตรวจและแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณโรงงานกรณีศึกษาเป็นอย่างสูงที่ให้โอกาสในการทำงานวิจัยครั้งนี้ ตลอดจนให้คำแนะนำและความร่วมมือต่างๆ ทำให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณครอบครัวที่คอยให้กำลังใจและการสนับสนุน รวมทั้งขอขอบคุณผู้มีส่วนร่วมทุกท่านในการให้คำแนะนำและให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี

พรรษชล พวงดี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง
กิตติกรรมประกาศ ..... จ
สารบัญ ..... ฉ
สารบัญตาราง ..... ฉ
สารบัญภาพ ..... ซ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ที่มาและความสำคัญ 1
1.1.1 แนวโน้มที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมยานยนต์ 1
1.1.2 องค์ประกอบและชิ้นส่วนต่างๆ ของรถยนต์ 3
1.1.3 ข้อมูลทั่วไปและการดำเนินงานของโรงงานกรณีศึกษา 5
1.1.4 การศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นนสายการผลิตของบริษัทกรณีศึกษา 5
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 9
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 9
1.4 ผลที่ได้รับ 9
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ 9
1.6 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 10
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 12
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 12
2.1.1 แนวทางการผลิตแบบลีน (Lean manufacturing) 12

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.1.2 กระบวนการแก้ปัญหาทางวิศวกรรม (Problem Solving Process of Engineering) 15
2.1.3 การเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานด้วยแนวคิดแบบ 3 MU 17
2.1.4 ความสูญเสียหลัก 6 ประการ 20
2.1.5 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 21
2.1.5.1 แผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagram) 21
2.1.5.2 ผังก้างปลา (Fish Bone Diagram) 23
2.1.5.3 แนวทางในการปฏิบัติงาน (Work Instruction) 24
2.1.5.4 การประเมินผลความผันแปรของความระบบการวัด (ข้อมูลแอตทริบิวต์) [11] 26
2.1.5.5 การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment : DOE) 27
2.1.6 กรรมวิธีขึ้นรูปพลาสติกแบบฉีด (Injection Molding) 30
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 38
บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย 42
3.1 ศึกษากระบวนการฉีดชิ้นส่วนพลาสติกของโรงงานกรณีศึกษา 42
3.2 สภาพปัญหาปัจจุบันของโรงงานกรณีศึกษา 43
3.3 การวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด (ข้อมูลแบบแอตทริบิวต์) 51
3.4 การจัดตั้งทีมคณะทำงาน 54
3.5 การศึกษาและระดมสมองเพื่อหาสาเหตุของปัญหา 55
3.6 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาและผลกระทบ 56
3.7 การออกแบบการทดลอง (Design Experiment) 67
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง 70
4.1 ผลการทดลอง 70
4.2 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง 72

4.2.1 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองของตัวแปรตอบสนองคือปริมาณของเสียประเภทฉีดไม่เต็มที่เกิดขึ้นในช่วงปรับฉีด 72
4.2.2 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองของตัวแปรตอบสนองคือปริมาณของเสียประเภทฟองอากาศที่เกิดขึ้นในช่วงปรับฉีด 76
4.2.3 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองของตัวแปรตอบสนองคือปริมาณของเสียรวมทั้งหมดที่เกิดขึ้นในช่วงปรับฉีด 79
4.3 การวิเคราะห์ผลการทดลอง 82
4.4 การทดลองหาสภาวะที่เหมาะสม (Response Optimizer) 94
4.5 การทดสอบเพื่อยืนยันผล 95
4.6 การทดสอบติดตามควบคุม 100
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ 103
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน 103
5.2 ข้อเสนอแนะ 106
ภาคผนวก 107
บรรณานุกรม 111
ประวัติผู้เขียน 114

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 แสดงปริมาณการผลิตของชิ้นส่วนชิ้นส่วนพลาสติก, สัดส่วนของดี, สัดส่วนของเสีย และต้นทุนของเสียในช่วงเดือนกันยายน 2562 – มกราคม 2563 ของโรงงานกรณีศึกษา 6

ตารางที่ 1.2 แสดงแผนการดำเนินงาน 11

ตารางที่ 2.1 แสดงขนาดสิ่งตัวอย่างที่แนะนำในการประเมินผลระบบการตรวจสอบ [11] 26

ตารางที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการเตรียมการก่อนเริ่มกระบวนการและระหว่างกระบวนการผลิตฉีดชิ้นงานพลาสติก (Injection Molding) 49

ตารางที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการเตรียมการก่อนเริ่มกระบวนการและระหว่างกระบวนการผลิตฉีดชิ้นงานพลาสติก (Injection Molding) (ต่อ) 50

ตารางที่ 3.2 แสดงเกณฑ์ในการยอมรับของระบบการวัดของโรงงานกรณีศึกษา 52

ตารางที่ 3.3 แสดงผลการตรวจสอบการวิเคราะห์ระบบการวัด 53

ตารางที่ 3.4 แสดงเกณฑ์การให้คะแนนการประเมินความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผล 57

ตารางที่ 3.5 แสดงการสรุปการให้คะแนนของปัจจัยที่อาจส่งผลต่อการเกิดของเสียประเภทฉีดไม่เต็มและฟองอากาศ 57

ตารางที่ 3.5 แสดงการสรุปการให้คะแนนของปัจจัยที่อาจส่งผลต่อการเกิดของเสียประเภทฉีดไม่เต็มและฟองอากาศ (ต่อ) 58

ตารางที่ 3.6 แสดงลักษณะการแก้ไขปัญหาของผู้ปฏิบัติงานที่มักใช้ในการปรับตั้งเครื่องฉีดเมื่อพบของเสียทั้ง 2 ชนิดเกิดขึ้นในช่วงการปรับฉีด 60

ตารางที่ 3.7 แสดงเกณฑ์การให้คะแนนระดับความรุนแรงของผลกระทบ (Severity ; Sev) [28] ... 61

ตารางที่ 3.8 แสดงเกณฑ์การให้คะแนนระดับโอกาสในการพบความล้มเหลวหรือเกิดปัญหา (Occurrence ; Occ) [28] 62

ตารางที่ 3.9 แสดงเกณฑ์การให้คะแนนระดับความสามารในการตรวจพบปัญหา (Detection ; Det)) [28] 62

ตารางที่ 3.9 แสดงเกณฑ์การให้คะแนนระดับความสามารในการตรวจพบปัญหา (Detection ; Det)) [28] (ต่อ) 63

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.10 แสดงการวิเคราะห์ผลกระทบจากความผิดพลาดในกระบวนการผลิต 63

ตารางที่ 3.10 แสดงการวิเคราะห์ผลกระทบจากความผิดพลาดในกระบวนการผลิต (ต่อ)..... 64

ตารางที่ 3.11 แสดงปัจจัยและค่าที่ใช้ในการดำเนินการทดลอง 68

ตารางที่ 3.12 แสดงการออกแบบการทดลอง..... 68

ตารางที่ 3.12 แสดงการออกแบบการทดลอง (ต่อ) 69

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดลอง 70

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดลอง (ต่อ)..... 71

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการวิเคราะห์การทดลองเบื้องต้นด้วยโปรแกรม Minitab ของตัวแปรตอบสนอง คือปริมาณของเสียประเภทฉีดไม่เต็มที่เกิดขึ้นในช่วงปรับฉีด 83

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการวิเคราะห์การทดลองเบื้องต้นด้วยโปรแกรม Minitab ของตัวแปรตอบสนอง คือปริมาณของเสียประเภทฟองอากาศที่เกิดขึ้นในช่วงปรับฉีด 87

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการวิเคราะห์การทดลองเบื้องต้นด้วยโปรแกรม Minitab ของตัวแปรตอบสนอง คือปริมาณของเสียประเภทฟองอากาศที่เกิดขึ้นในช่วงปรับฉีด 91

ตารางที่ 4.5 แสดงระดับปัจจัยนำเข้าที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการยืนยันผล..... 95

ตารางที่ 4.6 แสดงผลการทดลองเพื่อยืนยันผลโดยใช้ระดับปัจจัยนำเข้าที่เหมาะสมทำการผลิตชิ้นงานพลาสติกปิดด้านหลังเบาะด้านซ้ายในเดือนกรกฎาคม – สิงหาคม 2563 96

ตารางที่ 4.7 แสดงการเปรียบเทียบสมบัติของวัสดุที่ใช้ในงานวิจัยนี้และวัสดุที่ใช้ในการผลิตชิ้นงาน Benchmark 97

ตารางที่ 4.8 แสดงผลการทดลองเพื่อติดตามผลโดยใช้ระดับปัจจัยนำเข้าที่เหมาะสมทำการผลิตชิ้นงานพลาสติกปิดด้านหลังเบาะด้านซ้ายในเดือนกันายายน – พฤศจิกายน 2563 101

ตารางที่ 4.9 แสดงผลการทดลองเพื่อติดตามผลโดยใช้ระดับปัจจัยนำเข้าที่เหมาะสมทำการผลิตชิ้นงานพลาสติกปิดด้านหลังเบาะด้านขวาในเดือนกันายายน – พฤศจิกายน 2563 102

ตารางที่ 5.1 แสดงการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ของเสียที่เกิดขึ้นก่อนและหลังการปรับปรุงของชิ้นงานพลาสติกปิดด้านหลังเบาะด้านซ้ายและขวา..... 104

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 1.1 แสดงรายละเอียดพื้นฐานที่แตกต่างของสภาพตลาดและอุตสาหกรรมรถยนต์ไทย อินโดนีเซีย และเวียดนาม ในปีพ.ศ. 2561 [2] 3

รูปที่ 1.2 แสดงองค์ประกอบและชิ้นส่วนต่างๆ ของรถยนต์ [3] 3

รูปที่ 1.3 แสดงกราฟเปอร์เซ็นต์ของดีและของเสียจากกระบวนการฉีดพลาสติกของชิ้นงานทั้ง 8 ชนิด ในช่วงเดือนกันยายน 2562 ถึงเดือนมกราคม 2563 7

รูปที่ 1.4 แสดงกราฟเปอร์เซ็นต์ของเสียในช่วงการปรับฉีดและการผลิตจริงจากกระบวนการฉีดพลาสติกของชิ้นงานทั้ง 8 ชนิด ในช่วงเดือนกันยายน 2562 ถึงเดือนมกราคม 2563 7

รูปที่ 2.1 แสดงหลักการพื้นฐานของการผลิตแบบลีน 5 ประการ (5 Leans Principles) [4] 12

รูปที่ 2.2 แสดงหลักการตั้งคำถามด้วยหลัก 5W1H 15

รูปที่ 2.3 แสดงหลักการของพาเรโต [11] 22

รูปที่ 2.4 แสดงวิธีการแสดงแผนภาพพาเรโตแบบไม่มีเส้นโค้งสะสม [11] 22

รูปที่ 2.5 แสดงวิธีการแสดงแผนภาพพาเรโตแบบมีเส้นโค้งสะสม 23

รูปที่ 2.6 แสดงตัวอย่างแผนผังก้างปลา (Fish Bone Diagram) 24

รูปที่ 2.7 แสดงตัวอย่างเอกสารแนวทางในการปฏิบัติงาน (WI) 25

รูปที่ 2.8 แสดงองค์ประกอบต่างๆ ของการทดลอง 28

รูปที่ 2.9 แสดงโครงสร้างของเครื่องฉีดพลาสติก [17] 31

รูปที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการทำงานของพนักงานในกระบวนการฉีดชิ้นส่วนพลาสติกของโรงงานกรณีศึกษา 43

รูปที่ 3.2 แสดงแผนภาพพาเรโตของต้นทุนของเสียของชิ้นงานพลาสติกในเบาะรถยนต์แต่ละแถว 44

รูปที่ 3.3 แสดงกราฟเปอร์เซ็นต์ของดีและของเสียจากกระบวนการฉีดพลาสติกของชิ้นงานพลาสติกทั้ง 8 ชนิด ในช่วงเดือนกันยายน 2562 ถึงเดือนมกราคม 2563 46

รูปที่ 3.4 แสดงกราฟเปอร์เซ็นต์ของเสียในช่วงการปรับฉีดและการผลิตจริงจากกระบวนการฉีดพลาสติกของชิ้นงานพลาสติกทั้ง 8 ชนิด ในช่วงเดือนกันยายน 2562 ถึงเดือนมกราคม 2563 46

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 3.5 แสดงกราฟต้นทุนของเสียในช่วงการปรับฉีดและการผลิตจริงของจากกระบวนการฉีดพลาสติกของชิ้นงานพลาสติกทั้ง 8 ชนิด ในช่วงเดือนกันยายน 2562 ถึงเดือนมกราคม 2563 47

รูปที่ 3.6 แสดงการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ของเสียในช่วงการปรับฉีดและการผลิตจริงของชิ้นงานพลาสติกที่ใช้ปิดด้านหลังเบาะด้านซ้าย (LXXXX766) และชิ้นงานพลาสติกอื่นๆ..... 48

รูปที่ 3.7 แสดงแผนภาพพาเรโตของปริมาณของเสียแต่ละประเภทที่เกิดขึ้นของชิ้นงานชนิดที่ 1 ชิ้นงานพลาสติกที่ใช้ปิดด้านหลังเบาะด้านซ้าย (Plastic Main Back LH : LXXXX766) 49

รูปที่ 3.8 แสดงแผนภาพก้างปลาในการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาในการเกิดของเสียประเภทฉีดไม่เต็ม (Short Shot) และฟองอากาศ (Void/Bubble) ในช่วงการปรับฉีด 55

รูปที่ 3.9 แสดงแผนภาพพาเรโตแสดงลำดับคะแนนของปัจจัยนำเข้าจากความสัมพันธ์ Cause and Effect Matrix 58

รูปที่ 3.10 แสดงแผนภาพพาเรโตเรียงลำดับปัจจัยตามค่า RPN 66

รูปที่ 4.1 แสดงการทดสอบการแจกแจงปกติของผลการทดลองปริมาณของเสียประเภทฉีดไม่เต็มที่เกิดขึ้นในช่วงปรับฉีด 73

รูปที่ 4.2 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างและลำดับของการเก็บข้อมูลในการทดลองของของเสียประเภทฉีดไม่เต็ม 74

รูปที่ 4.3 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างและค่าที่ถูกฟิตในการทดลองของของเสียประเภทฉีดไม่เต็ม 75

รูปที่ 4.4 แสดงการทดสอบการแจกแจงปกติของผลการทดลองปริมาณของเสียประเภทฟองอากาศที่เกิดขึ้นในช่วงปรับฉีด 76

รูปที่ 4.5 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างและลำดับของการเก็บข้อมูลในการทดลองของของเสียประเภทฟองอากาศ 77

รูปที่ 4.6 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างและค่าที่ถูกฟิตในการทดลองของของเสียประเภทฟองอากาศ 78

รูปที่ 4.7 แสดงการทดสอบการแจกแจงปกติของผลการทดลองปริมาณของเสียรวมทั้งหมดที่เกิดขึ้นในช่วงปรับฉีด 79

รูปที่ 4.8 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างและลำดับของการเก็บข้อมูลในการทดลองของของเสียรวมทั้งหมดที่เกิดขึ้นในช่วงปรับฉีด 80

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 4.9 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างและค่าที่ถูกฟิตในการทดลองของของเสียรวมทั้งหมดที่เกิดขึ้นในช่วงปรับฉีด 81

รูปที่ 4.10 แสดงแผนภาพพาเรโตของปัจจัยหลักและอันตรกิริยาที่มีผลต่อปริมาณของเสียประเภทฉีดไม่เต็มที่เกิดขึ้นในช่วงปรับฉีด 84

รูปที่ 4.11 แสดงผลของปัจจัยหลักที่มีผลต่อปริมาณของเสียประเภทฉีดไม่เต็มที่เกิดขึ้นในช่วงปรับฉีด 85

รูปที่ 4.12 แสดงผลของอันตรกิริยาที่มีผลต่อปริมาณของเสียประเภทฉีดไม่เต็มที่เกิดขึ้นในช่วงปรับฉีด 86

รูปที่ 4.13 แสดงแผนภาพพาเรโตของปัจจัยหลักและอันตรกิริยาที่มีผลต่อปริมาณของเสียที่ประเภทฟองอากาศที่เกิดขึ้นในช่วงปรับฉีด..... 88

รูปที่ 4.14 แสดงผลของปัจจัยหลักที่มีผลต่อของเสียที่เกิดขึ้นประเภทฟองอากาศ 89

รูปที่ 4.15 แสดงผลของอันตรกิริยาที่มีผลต่อปริมาณของเสียที่ประเภทฟองอากาศที่เกิดขึ้นในช่วงปรับฉีด..... 90

รูปที่ 4.16 แสดงแผนภาพพาเรโตของปัจจัยหลักและอันตรกิริยาที่มีผลต่อปริมาณของเสียรวมทั้งหมดที่เกิดขึ้นในช่วงปรับฉีด 92

รูปที่ 4.17 แสดงผลของปัจจัยหลักที่มีผลต่อปริมาณของเสียรวมทั้งหมดที่เกิดขึ้นในช่วงปรับฉีด..... 93

รูปที่ 4.18 แสดงผลของอันตรกิริยาที่มีผลต่อปริมาณของเสียรวมทั้งหมดที่เกิดขึ้นในช่วงปรับฉีด..... 94

รูปที่ 4.19 แสดงค่าการวิเคราะห์ระดับปัจจัยที่เหมาะสมในการปรับตั้งพารามิเตอร์เพื่อลดปริมาณของเสียประเภทฉีดไม่เต็ม, ฟองอากาศ และของเสียรวมทั้งหมดที่เกิดขึ้นในช่วงปรับฉีด 95

รูปที่ 4.20 แสดงปริมาณของเสียรวมที่เกิดขึ้นในช่วงปรับฉีด (ช่วงยืนยันผลเดือน ก.ค. ถึง ส.ค. 2563) เปรียบเทียบกับโมเดล Benchmark..... 98

รูปที่ 4.21 แสดงเวลาที่ใช้ในการปรับตั้งและฉีดชิ้นงานจนกว่าจะได้ชิ้นงานดี (ช่วงยืนยันผลเดือน ก.ค. ถึง ส.ค. 2563) เปรียบเทียบกับโมเดล Benchmark 98

รูปที่ 4.22 แสดงกราฟเปอร์เซ็นต์ของเสียในช่วงการผลิตจริง (ช่วงยืนยันผลเดือน ก.ค. – ส.ค. 2563) เปรียบเทียบกับโมเดล Benchmark..... 99

รูปที่ 5.1 แสดงกราฟการเปรียบเทียบปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นในช่วงปรับฉีดและเปอร์เซ็นต์ของเสียก่อน ระหว่างและหลังการปรับปรุงของชิ้นงานพลาสติกปิดด้านหลังเบาะด้านซ้ายและขวา 105

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

1.1.1 แนวโน้มที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมยานยนต์

สถานการณ์ของธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมยานยนต์ทั่วโลก จะเห็นได้ว่าหลายปีที่ผ่านมาอุตสาหกรรมยานยนต์ต้องเผชิญกับผลกระทบจากเหตุการณ์ต่างๆ มากมาย ไม่ว่าจะเป็นวิกฤติการณ์เศรษฐกิจโลก, การอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและผลกระทบจากความผันผวนของราคาพลังงาน ทำให้มีการชะลอตัวของการซื้อรถยนต์ลง ดังจะเห็นได้จากการเติบโตของตลาดรถยนต์ของประเทศไทยในช่วงครึ่งปีแรกของปี พ.ศ.2562 มีการเติบโตที่ดี แต่ในช่วงครึ่งปีหลังพบว่ามียอดขายที่ลดลง ทำให้มียอดขายสะสมในช่วงเดือนมกราคมถึงตุลาคม พ.ศ.2562 มีอัตราการเติบโตเพียงแค่ 0.7% ซึ่งส่วนหนึ่งมาจากสภาพตลาด โดยตลาดใหญ่คือรถยนต์นั่งขนาดเครื่องยนต์ไม่เกิน 1,500 ซีซี ที่ลดลง ทำให้ส่งผลกับค่าเฉลี่ยของตลาดรวม [1] จากสถานการณ์ดังกล่าวนี้ทำให้ผู้ประกอบการในธุรกิจอุตสาหกรรมยานต์และชิ้นส่วนยานยนต์ต้องตระหนักและปรับตัวให้เท่าทันต่อสถานการณ์ต่างๆ ยกตัวอย่างเช่นการคิดค้นและออกแบบรถยนต์เพื่อให้ตอบสนองต่อความต้องการและพฤติกรรมของผู้บริโภคในการเลือกซื้อรถยนต์ตามไลฟ์สไตล์และความชื่นชอบส่วนบุคคล ไม่ได้พิจารณาเลือกซื้อรถยนต์จากสมรรถนะหรือความปลอดภัยเป็นหลักเหมือนดังเช่นในอดีตอีกต่อไป

ในขณะเดียวกันประเด็นในด้านการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมก็ยังส่งผลกระทบต่อการคิดค้นและพัฒนาเทคโนโลยีทางด้านยานยนต์ในอนาคตเพื่อมาทดแทนรถยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงหรือพลังงานทางเลือกที่มีแนวโน้มที่จะขาดแคลนในอนาคต โดยจะเห็นได้ว่ารถยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงหรือพลังงานทางเลือก อย่างเช่น ก๊าซธรรมชาติอัด (Compressed Natural Gas ; CNG) และเอทานอล จะยังคงมีบทบาทและเป็นที่ต้องการของตลาดโลกไปจนถึงพ.ศ.2568 ในขณะที่รถไฟฟ้า (Electric Vehicle ; EV) จะเริ่มมีแนวโน้มความต้องการสูงและมีการเติบโตของตลาดรถยนต์ประเภทนี้ในปีพ.ศ. 2568 จากประเด็นปัญหาในด้านสิ่งแวดล้อมนี้ ทางรัฐบาลไทยและกรมสรรพสามิตมีแนวคิดในการจัดการกับรถยนต์เก่าเพื่อเป็นการลดปัญหาในด้านของสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะปัญหาฝุ่นละอองขนาดเล็กหรือพีเอ็ม 2.5 ที่เริ่มรุนแรงยิ่งขึ้น และยังถือเป็นการเพิ่มยอดขายของรถยนต์ใหม่ เพื่อเป็นการกระตุ้นเศรษฐกิจของอุตสาหกรรมยานยนต์ โดยการลดภาษีรถยนต์ เพื่อหวังดึงดูดให้ผู้บริโภคหันมาใช้รถยนต์คันใหม่แทนรถยนต์คันเก่าที่มีสภาพทรุดโทรม

ในขณะที่การเติบโตของอุตสาหกรรมยานยนต์ในประเทศไทยมีการชะลอตัวนั้น อุตสาหกรรมยานยนต์ในประเทศเวียดนามมีแนวโน้มในการเติบโตของยอดขายรถยนต์ที่เพิ่มสูงขึ้นในอีก 5 ถึง 7 ปี ข้างหน้า อันเนื่องมาจากกำลังซื้อที่เพิ่มมากขึ้นของผู้บริโภค และภาครัฐยังมีการออกแบบนโยบายที่จะช่วยส่งเสริมในอุตสาหกรรมยานยนต์และชิ้นส่วนยานยนต์อย่างเหมาะสม มีการสร้างระบบสินเชื่อของสถาบันการเงินที่แข็งแรงและเข้าถึงผู้บริโภคได้หลากหลายระดับ และในปีพ.ศ. 2562 ประเทศเวียดนามมีการเปิดตัวอย่างเป็นทางการของรถยนต์สัญชาติเวียดนามซึ่งสามารถสร้างความน่าเชื่อถือให้กับธุรกิจอุตสาหกรรมยานยนต์ในประเทศเวียดนามได้เป็นอย่างดี จากรูปที่ 1.1 จะเห็นได้ว่าประเทศเวียดนามเป็นประเทศที่มีโอกาสในการเติบโตของตลาดในอุตสาหกรรมยานยนต์ได้สูงขึ้นอีกมากในอนาคต ซึ่งจะเห็นได้จากประชากรชาวเวียดนามที่มีสูงถึง 96 ล้านคน แต่มีอัตราการถือครองรถยนต์อยู่ที่ 23 คันต่อประชากร 1,000 คน ท่ามกลางการเติบโตทางเศรษฐกิจเฉลี่ยที่สูงกว่าร้อยละ 6 จนมีการคาดการณ์กันว่า ยอดขายรถยนต์ในประเทศของเวียดนามอาจพุ่งขึ้นแตะ 1 ล้านคันต่อปีได้ในปีพ.ศ. 2573 ซึ่งรัฐบาลและภาคเอกชนเวียดนามเองก็ทราบดีถึงโอกาสดังกล่าว จึงได้แสดงให้เห็นถึงความพยายามอย่างต่อเนื่องเพื่อกระตุ้นให้เกิดการลงทุนในประเทศหลากรูปแบบ เช่น การสร้างโรงงานประกอบรถยนต์สัญชาติเวียดนามยี่ห้อหนึ่ง โดยคาดหวังให้พัฒนาขึ้นเป็นรถยนต์แห่งชาติในอนาคตด้วยเป้าหมายผลิตถึง 500,000 คันต่อปี การประกาศใช้ระเบียบ Decree 116 เมื่อต้นปี 2561 เพื่อให้การนำเข้ารถยนต์จากต่างประเทศเป็นไปได้ยากขึ้น และการออกระเบียบ Decree 125 โดยลดภาษีนำเข้าชิ้นส่วนรถยนต์ที่ไม่ได้มีการผลิตในประเทศให้เหลือร้อยละ 0 โดยหวังให้ต้นทุนการประกอบรถยนต์ในประเทศลดลง เป็นต้น [2]

เมื่อพิจารณาชิ้นส่วนยานยนต์นั้น พบว่าจะมีอัตราการเติบโตที่เพิ่มสูงขึ้นไปในทิศทางเดียวกันกับยอดขายของรถยนต์ที่เพิ่มขึ้นด้วย

รายละเอียดพื้นฐานที่แตกต่างของสภาพตลาดและอุตสาหกรรมรถยนต์ไทย อินโดนีเซีย และเวียดนาม ปี 2561

ประเด็น	ไทย	อินโดนีเซีย	เวียดนาม
จำนวนประชากร (คน)	69 ล้าน	271 ล้าน	96 ล้าน
อัตราการถือครองรถยนต์ (คัน/1,000 คน)*	226	87	23
อัตราการขยายตัวของจีดีพี	4.1	5.2	7.1
การลงทุนทางตรงจากต่างประเทศ (US)	10,493 ล้าน	21,980 ล้าน	15,500 ล้าน
รายได้ประชากร (บาท/เดือน)	18,587.07	10,768.91	6,765.46
ปริมาณการผลิตรถยนต์ (คัน)	2,167,694	1,343,714	200,436
ยอดขายรถยนต์ในประเทศ (คัน)	1,041,739	1,151,291	288,683
มูลค่าการส่งออกรถยนต์ (US)	18,934 ล้าน	3,378 ล้าน	3 ล้าน
ประเภทรถยนต์ที่นิยม	รถยนต์นั่งเล็ก, Pick Up, SUV	MPV, SUV	รถยนต์นั่งเล็ก, SUV , MPV
จำนวนผู้ผลิตชิ้นส่วนในประเทศ (ราย)	ประมาณ 2,400	ประมาณ 700	ประมาณ 226
การลงทุนล่าสุดในอุตสาหกรรมรถยนต์	โครงการรถยนต์ไฟฟ้าทั้งไฮบริด , ปลั๊กอินไฮบริด และรถยนต์ไฟฟ้าแบบแบตเตอรี่ของค่ายญี่ปุ่นและตะวันตกเริ่มผลิตและขายแล้วหลายรุ่น	ค่ายรถญี่ปุ่นและเกาหลีมีแผนผลิตรถยนต์ไฟฟ้าภายในปี 2565 รัฐบาลตั้งเป้าผลิตรถยนต์ไฟฟ้าสัดส่วนร้อยละ 20 ของรถยนต์รวมปี 2568	Vinfast ตั้งเป้าหมายผลิตรถยนต์ไฟฟ้าและรถบัสไฟฟ้าภายในปี 2563

* ข้อมูลปี 2558

ที่มา : ศูนย์วิจัยกสิกรไทย

รูปที่ 1.1 แสดงรายละเอียดพื้นฐานที่แตกต่างของสภาพตลาดและอุตสาหกรรมรถยนต์ไทย อินโดนีเซีย และเวียดนาม ในปีพ.ศ. 2561 [2]

1.1.2 องค์ประกอบและชิ้นส่วนต่างๆ ของรถยนต์

รูปที่ 1.2 แสดงองค์ประกอบและชิ้นส่วนต่างๆ ของรถยนต์ [3]

จากรูปที่ 1.2 จะเห็นได้ว่าส่วนประกอบหรือชิ้นส่วนของรถยนต์แต่ละคันนั้นมีชิ้นส่วนต่างๆ เป็นจำนวนมากซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ ได้แก่ ส่วนประกอบภายในและส่วนประกอบภายนอก ซึ่งส่วนประกอบภายในประกอบไปด้วยระบบเครื่องยนต์, ระบบส่งกำลัง, ช่วงล่าง, ไฟฟ้าเครื่องยนต์, ไฟฟ้าตัวถัง, เบาะรถยนต์ และส่วนประกอบภายนอกประกอบไปด้วยตัวถังรถ และยางรถยนต์

เบาะรถยนต์เป็นส่วนประกอบที่สำคัญและเป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องมีอยู่ในรถยนต์ทุกๆ คัน ซึ่งในรถยนต์แต่ละรุ่นจะประกอบไปด้วยเบาะหลากหลายชนิด ยกตัวอย่างเช่น รถยนต์ประเภทรถนั่งส่วนบุคคลธรรมดา (Sedan) จะประกอบไปด้วย เบาะรถยนต์ในตำแหน่งคนขับ (Driver Seat) , เบาะรถยนต์ในตำแหน่งผู้โดยสารหรือข้างคนขับ (Passenger Seat) และเบาะรถยนต์ในแถวหลัง (Rear Seat) โดยเบาะแต่ละชนิดก็จะมีส่วนประกอบหลัก ๆ ได้แก่

1. โครงสร้างหลักของเบาะรถยนต์ (Frame Structure)
2. ชิ้นส่วนโฟมของเบาะตัวพิงและเบาะนั่งซึ่งเป็นชิ้นส่วนที่ช่วยในการรับแรงกระแทก (Foam Back and Cushion)
3. ผ้าหุ้มเบาะ (Trim Covering)
4. ชิ้นส่วนพลาสติก (Plastic Parts)
5. อุปกรณ์เพื่อช่วยในเรื่องความปลอดภัย ได้แก่ เข็มขัดนิรภัย (Seat Belts) , ถุงลมนิรภัย (Air Bag)
6. ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic parts) ได้แก่ ชุดให้ความร้อน (Heater Mat), ชุดรองนั่ง (Lumbar), ชุดควบคุมไฟฟ้าสำหรับการปรับเบาะไปในทิศทางต่างๆ , ชุดควบคุมไฟฟ้าสำหรับแอร์รถยนต์ (มีเฉพาะเบาะในแถวหลังสุดของรถยนต์นั่งอเนกประสงค์ SUV ; Sport Utility Vehicle)
7. อุปกรณ์จับยึด (Fastener parts)
8. ชิ้นส่วนอื่นๆ (Others)

เมื่อพิจารณาในด้านความสะดวกสบาย ความปลอดภัยและความคล่องตัวในการเดินทางของผู้ขับขี่และผู้โดยสารรถยนต์นั้น การออกแบบและผลิตเบาะรถยนต์ให้ดีและเป็นไปตามมาตรฐานคุณภาพที่ลูกค้ากำหนดไว้ ถือเป็นสิ่งสำคัญเป็นอย่างมาก เนื่องจากเบาะรถยนต์ถือเป็นชิ้นส่วนที่ผู้โดยสารจะใช้งานในทุกๆ ครั้งขณะเดินทาง อย่างไรก็ตามข้อกำหนดหรือความต้องการของลูกค้ามักจะพิจารณารวมไปถึงความสวยงาม ลักณะทางกายภาพที่มองเห็นจากภายนอก (Appearance)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

และต้นทุนในการผลิต ประกอบด้วยเสมอ ดังนั้นข้อกำหนดและความต้องการของลูกค้า ถือเป็นสิ่งสำคัญที่ผู้ผลิตเบาะรถยนต์ต้องคำนึงในระหว่างกระบวนการออกแบบและผลิต

1.1.3 ข้อมูลทั่วไปและการดำเนินงานของโรงงานกรณีศึกษา

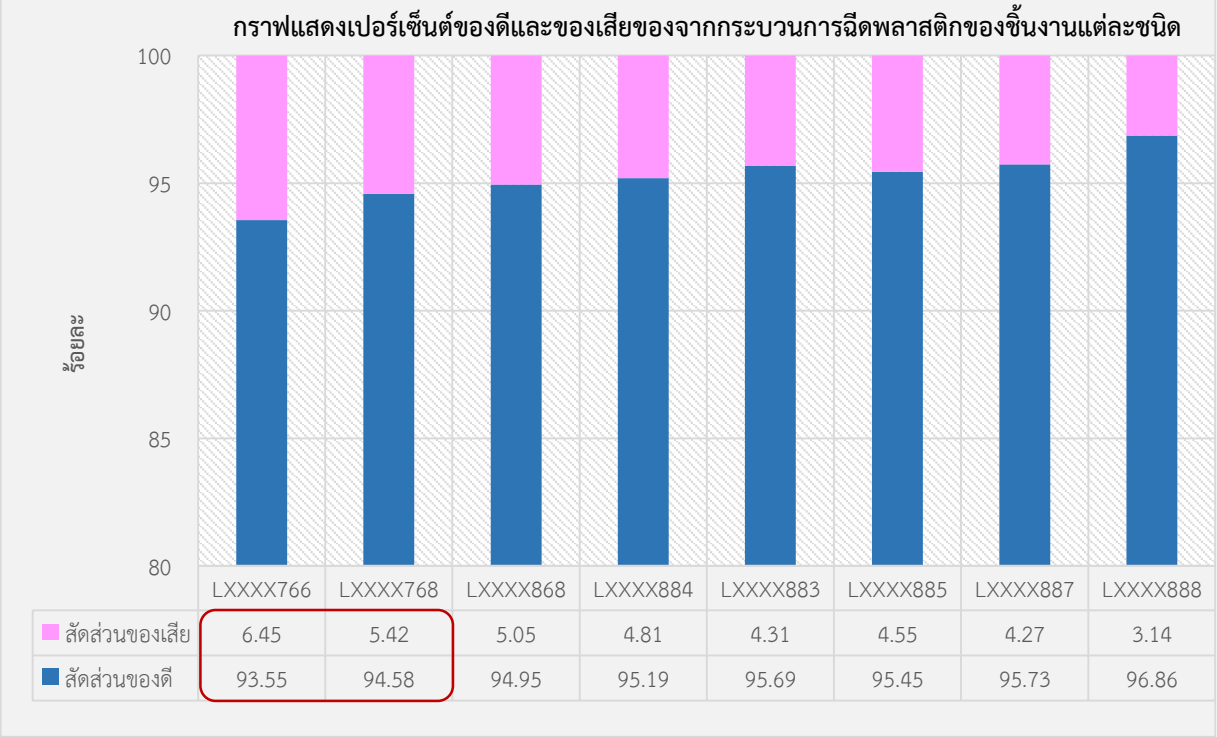
โรงงานกรณีศึกษา เป็นบริษัทที่ดำเนินธุรกิจในการผลิตชิ้นส่วนพลาสติกต่างๆ ให้กับลูกค้าโดยใช้กระบวนการฉีดพลาสติก (Injection Molding) ตั้งอยู่ในจังหวัดฉะเชิงเทรา โดยมีการผลิตชิ้นงานพลาสติกเพื่อส่งให้ให้กับบริษัทผู้ผลิตเบาะรถยนต์รายหนึ่ง ซึ่งเป็นบริษัทผู้ผลิตเบาะรถยนต์ที่มีฐานการผลิตกระจายอยู่ในหลายประเทศทั่วโลก และมีการผลิตเบาะให้กับรถยนต์ประเภทซีดาน (Sedan) และรถยนต์นั่งอเนกประสงค์ (SUV) รุ่น VXX ซึ่งมีฐานการผลิตเบาะรถยนต์อยู่ในประเทศเวียดนาม โดยมีกลุ่มเป้าหมายหลักอยู่ในประเทศเวียดนามและประเทศในแถบเอเชีย โดยโรงงานกรณีศึกษามีลักษณะการผลิตชิ้นงานซึ่งเป็นไปตามคำสั่งซื้อของลูกค้า (Make to order) คือทางโรงงานจะรับคำสั่งซื้อจากทางลูกค้าและผลิตชิ้นงานตามคำสั่งซื้อ ซึ่งชิ้นงานหรือผลิตภัณฑ์เหล่านั้นจะเป็นไปตามที่ลูกค้ากำหนดทั้งในด้านของจำนวนและคุณภาพของชิ้นงานที่เป็นไปตามข้อกำหนดทางวิศวกรรมต่างๆ ที่ลูกค้าเป็นผู้กำหนด

1.1.4 การศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นนสายการผลิตของบริษัทกรณีศึกษา

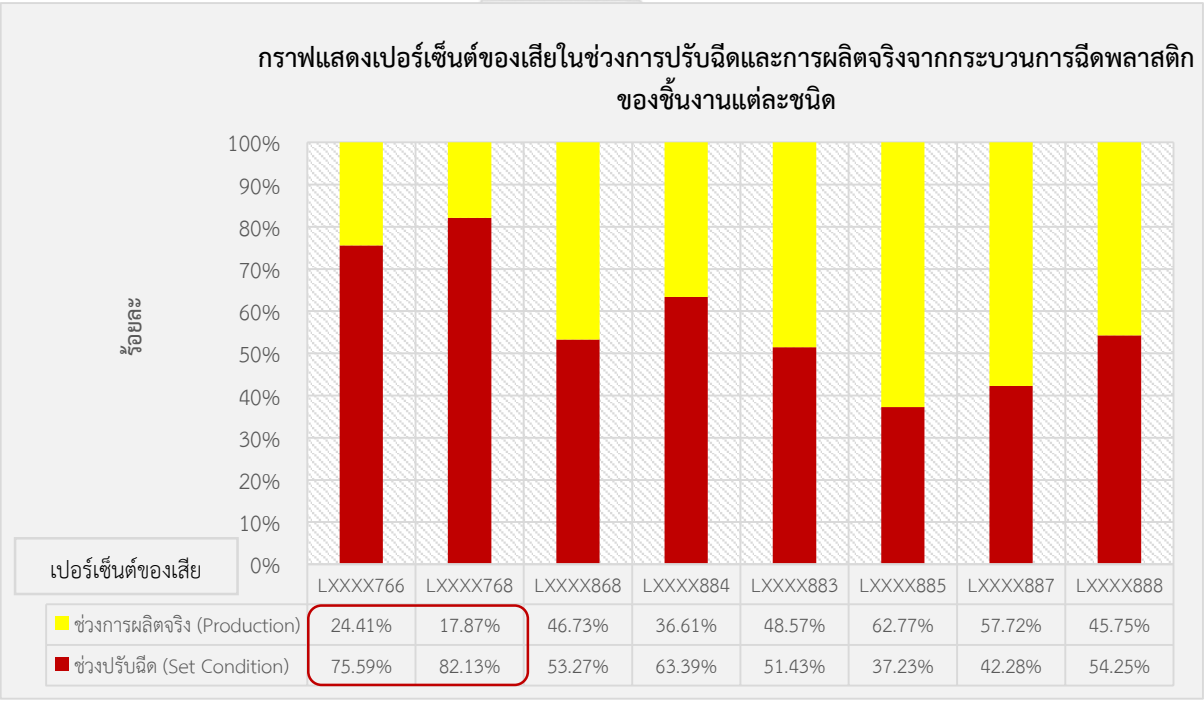
กรณีศึกษาโรงงานผู้ผลิตชิ้นส่วนพลาสติก จากการศึกษาความสัมพันธ์ของกระบวนการทางธุรกิจของโรงงานกรณีศึกษา พบว่าปัญหาที่เกิดขึ้นในขณะที่เริ่มทำโครงการวิจัยนี้ คือการสูญเสียเวลาในการทำงานจากการปรับตั้งเครื่องฉีดพลาสติก (Injection Molding) และเกิดของเสียเป็นจำนวนมากในช่วงการปรับตั้งเครื่องจักรก่อนเริ่มกระบวนการการผลิตจริง ซึ่งจะเห็นได้จากข้อมูลการผลิตตั้งแต่เดือนกันยายน ปี 2562 ถึงเดือนมกราคม ปี 2563 ที่บริษัทกรณีศึกษาเริ่มผลิตชิ้นงานพลาสติกเพื่อส่งมอบให้กับลูกค้าซึ่งเป็นบริษัทผู้ผลิตเบาะรถยนต์ พบว่ามีปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นจากชิ้นงานทั้งหมด 8 ชนิด รวมทั้งสิ้น 5,692 ชิ้น จากปริมาณการผลิตทั้งหมด 118,969 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 4.78 ดังแสดงในตารางที่ 1.1 โดยชิ้นงานทั้ง 8 ชนิดนี้มีการใช้กระบวนการผลิตแบบเดียวกันคือ การฉีดพลาสติก (Injection Molding) และมีการใช้วัสดุพอลิเมอร์ชนิดเดียวกันในการผลิต คือ PP 20% Talc Filled (PP-TX20)

ตารางที่ 1.1 แสดงปริมาณการผลิตของชิ้นส่วนชิ้นส่วนพลาสติก, สัดส่วนของดี, สัดส่วนของเสีย และต้นทุนของเสียในช่วงเดือนกันยายน 2562 – มกราคม 2563 ของโรงงานกรณีศึกษา

No.	หมายเลขชิ้นงาน (Part no.)	ชื่อชิ้นงาน (Part Name)	ปริมาณการผลิตของผลิตภัณฑ์ แต่ละรุ่น (ชิ้น)	ปริมาณของผลิตภัณฑ์แต่ละรุ่น (ชิ้น)		สัดส่วนของผลิตภัณฑ์แต่ละรุ่น		DPPM	ต้นทุนของเสียต่อหน่วย (บาท)	ต้นทุนของเสียรวมของผลิตภัณฑ์ แต่ละรุ่น (บาท)
				ปริมาณของดี	ปริมาณของเสีย	สัดส่วนของดี	สัดส่วนของเสีย			
1	LXXXX766	PLASTIC MAIN BACK LH	**20,213**	**18,910**	**1,303**	**93.55%**	**6.45%**	**64,463.46**	**610.72**	**795,768.16**
2	LXXXX768	PLASTIC MAIN BACK RH	**19,940**	**18,860**	**1,080**	**94.58%**	**5.42%**	**54,162.49**	**610.72**	**659,577.60**
3	LXXXX868	SIDE COVER OTR W/LUMBAR LH	10,585	10,050	535	94.95%	5.05%	50,543.22	205.81	110,108.35
4	LXXXX884	SIDE COVER OTR W/O LUMBAR LH	9,308	8,860	448	95.19%	4.81%	48,130.64	194.51	87,140.48
5	LXXXX883	SIDE COVER OTR W/LUMBAR RH	10,503	10,050	453	95.69%	4.31%	43,130.53	205.81	93,231.93
6	LXXXX885	SIDE COVER OTR W/O LUMBAR RH	9,214	8,795	419	95.45%	4.55%	45,474.28	194.51	81,499.69
7	LXXXX887	COVER - RECLINER, FRONT INNER LH	19,722	18,880	842	95.73%	4.27%	42,693.44	63.99	53,879.58
8	LXXXX888	COVER - RECLINER, FRONT INNER RH	19,484	18,872	612	96.86%	3.14%	31,410.39	63.99	39,161.88
รวมทั้งสิ้น (Total)			118,969	113,277	5,692	95.22%	4.78%	47,844.40	-	1,920,367.67



รูปที่ 1.3 แสดงกราฟเปอร์เซ็นต์ของดีและของเสียจากกระบวนการฉีดพลาสติกของชิ้นงานทั้ง 8 ชนิด ในช่วงเดือนกันยายน 2562 ถึงเดือนมกราคม 2563



รูปที่ 1.4 แสดงกราฟเปอร์เซ็นต์ของเสียในช่วงการปรับฉีดและการผลิตจริงจากกระบวนการฉีดพลาสติกของชิ้นงานทั้ง 8 ชนิด ในช่วงเดือนกันยายน 2562 ถึงเดือนมกราคม 2563

โดยเมื่อพิจารณาข้อมูลเพื่อทำการเปรียบเทียบเพื่อคัดเลือกจุดในการปรับปรุง โดยทำการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ของดีและของเสีย ดังรูปที่ 1.3 พบว่าชิ้นงานพลาสติกชนิดที่ 1 ชิ้นงานพลาสติกที่ใช้ปิดด้านหลังเบาะด้านซ้าย (Plastic Main Back LH : LXXXX766) มีปริมาณของเสียเกิดขึ้นมากที่สุดเท่ากับ 1,303 ชิ้น จากปริมาณการผลิตทั้งสิ้น 20,213 โดยของเสียที่เกิดขึ้นคิดเป็นร้อยละ 6.45 รองลงมาคือชิ้นงานพลาสติกชนิดที่ 2 ชิ้นงานพลาสติกที่ใช้ปิดด้านหลังเบาะด้านขวา (Plastic Main Back RH : LXXXX768) มีปริมาณของเสียเกิดขึ้นมากที่สุดเท่ากับ 1,080 ชิ้น จากปริมาณการผลิตทั้งสิ้น 19,940 ชิ้น โดยของเสียที่เกิดขึ้นคิดเป็นร้อยละ 5.42 และเมื่อพิจารณาประเภทของของเสียที่เกิดขึ้น พบว่าสามารถแบ่งช่วงการเกิดของเสียได้ออกเป็น 2 ช่วงคือ

1. ของเสียซึ่งเกิดในช่วงของการปรับฉีด (Set Condition)
2. ของเสียซึ่งเกิดในช่วงของกระบวนการผลิตจริง (Production) ซึ่งแบ่งประเภทของเสียย่อยๆ ได้เป็น ของเสียประเภทฟองอากาศ, ของเสียประเภทฉีดไม่เต็ม, ของเสียประเภทรอยไหม้ (Burn Mark), ของเสียประเภทรอยประสาน (Weld Mark), เกิดรอยขาวที่ชิ้นงาน (White Mark), ชิ้นงานสกปรก (Dirty), เกิดรอยขีดข่วนบนชิ้นงาน (Scratch), เกิดรอยยุบ (Sink Mark), เกิดรอยมัน (Gloss) และของเสียชนิดอื่นๆ

จากรูปที่ 1.4 ซึ่งแสดงถึงเปอร์เซ็นต์ของเสียในช่วงของการปรับฉีดและช่วงของกระบวนการผลิตจริง พบว่าชิ้นงานพลาสติกชนิดที่ 1-5 และ 8 มีเปอร์เซ็นต์การเกิดของเสียในช่วงของการปรับฉีดที่มากกว่าของเสียที่เกิดขึ้นในช่วงของกระบวนการผลิตจริง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อลดความสูญเสียในระหว่างการปรับตั้งเครื่องฉีดในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนพลาสติกในเบาะรถยนต์

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. งานวิจัยนี้จะทำการศึกษาเฉพาะสาเหตุและปัจจัยที่ส่งผลทำให้เกิดการสูญเสียเวลาในการปรับตั้งเครื่องฉีดพลาสติก และการเกิดของเสียเมื่อทำการปรับฉีดในตอนแรกของกระบวนการ เพื่อทำการลดความสูญเสียที่เกิดขึ้นในช่วงการปรับฉีดของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนพลาสติกในเบาะรถยนต์ ของโรงงานกรณีศึกษาเท่านั้น
2. งานวิจัยนี้จะทำการศึกษาและปรับปรุงกระบวนการผลิตชิ้นงานพลาสติกที่ใช้ปิดด้านหลังเบาะด้านซ้าย (PLASTIC MAIN BACK LH : LXXXX766)

1.4 ผลที่ได้รับ

ขั้นตอนที่นำไปสู่การลดระยะเวลาและของเสียที่เกิดขึ้นในการปรับตั้งพารามิเตอร์ (Parameter Setting) ของเครื่องฉีดชิ้นงานพลาสติก ที่เกิดขึ้นในช่วงการปรับฉีดก่อนเริ่มกระบวนการผลิตจริง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ

1. เข้าใจถึงสาเหตุที่ทำให้เกิดของเสียในช่วงการปรับตั้งเครื่องฉีดของกระบวนการผลิตพลาสติก
2. สามารถปรับปรุงกระบวนการและลดปริมาณของเสียที่จะเกิดขึ้นในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนพลาสติกที่ใช้ปิดด้านหลังเบาะด้านซ้ายได้
3. สามารถเพิ่มกำลังในการผลิตในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนพลาสติกในเบาะรถยนต์ได้
4. สามารถลดต้นทุนของเสียที่เกิดขึ้นได้
5. สามารถส่งมอบชิ้นงานที่มีคุณภาพและตรงต่อความต้องการของลูกค้า

6. สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้กับการผลิตชิ้นงานพลาสติกอื่นๆ ซึ่งมีการใช้วัสดุพอลิ-เมอร์ชนิดเดียวกัน คือ PP 20% Talc Filled (PP-TX20) เพื่อทำการลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้น

1.6 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1. ศึกษาข้อมูลและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
2. นิยามปัญหาและกำหนดแผนงานในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น
   2.1 ศึกษากระบวนการฉีดพลาสติก และศึกษาข้อมูลสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน
   2.2 กำหนดปัญหา วัตถุประสงค์ และขอบเขตของงานปัจจุบัน
   2.3 ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับความสูญเสียที่เกิดขึ้นในการปรับตั้งเครื่องจักรในกระบวนการฉีดพลาสติก
3. ทำการวัดเพื่อกำหนดหาสาเหตุของปัญหา
   3.1 เก็บรวบรวมข้อมูลและระดมสมองเพื่อหาปัจจัยนำเข้า
4. วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาที่เกี่ยวข้องกับความสูญเสียที่เกิดขึ้นในการปรับตั้งเครื่องจักรในกระบวนการฉีดพลาสติก
5. การแก้ไขปรับปรุงกระบวนการผลิต
   5.1 นำปัจจัยที่มีนัยสำคัญจากขั้นตอนการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหามาทำการปรับปรุงและแก้ไข
   5.2 วิเคราะห์ผลที่ได้จากการปรับปรุงและแก้ไขกระบวนการ
6. ติดตามเพื่อทำการยืนยันผล
   6.1 ทำการทดสอบเพื่อยืนยันผล
   6.2 จัดทำแผนควบคุมและเลือกใช้แผนควบคุม
   6.3 สรุปผลการปรับปรุงที่ได้และจัดทำมาตราฐานการผลิตสำหรับการปรับตั้งเครื่องจักรในกระบวนการฉีดพลาสติก
7. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ
8. จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 1.2 แสดงแผนการดำเนินงาน

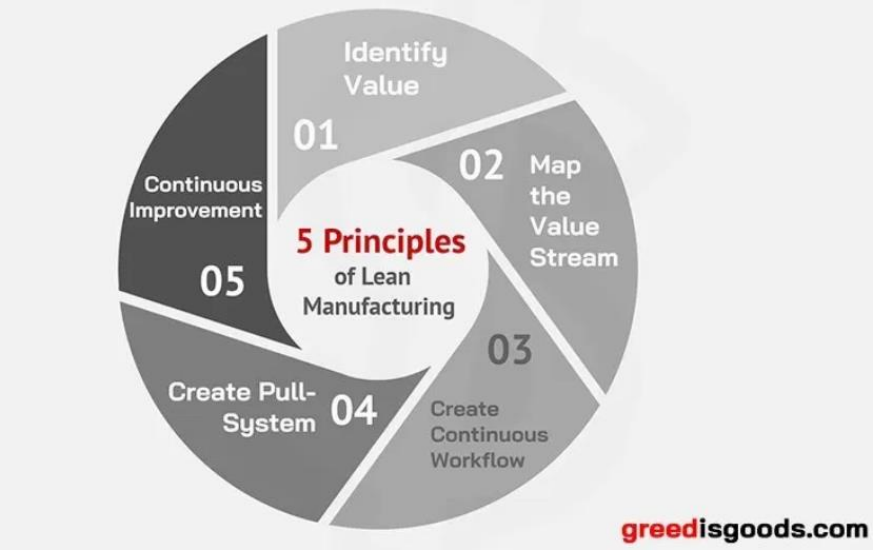
รายละเอียดการดำเนินการ	ระยะเวลาในการดำเนินงานวิจัย																																							
	ธ.ค. 62				ม.ค. 63				ก.พ. 63				มี.ค. 63				เม.ย. 63				พ.ค. 63				มิ.ย. 63				ก.ค. 63				ส.ค. 63				ก.ย. 63				ต.ค. 63				พ.ย. 63			
	WK 1	WK 2	WK 3	WK 4	WK 1	WK 2	WK 3	WK 4	WK 1	WK 2	WK 3	WK 4	WK 1	WK 2	WK 3	WK 4	WK 1	WK 2	WK 3	WK 4	WK 1	WK 2	WK 3	WK 4	WK 1	WK 2	WK 3	WK 4	WK 1	WK 2	WK 3	WK 4	WK 1	WK 2	WK 3	WK 4	WK 1	WK 2	WK 3	WK 4	WK 1	WK 2	WK 3	WK 4	WK 1	WK 2	WK 3	WK 4
1. ศึกษาข้อมูลและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	←							→																																						
2. นิยามปัญหาและกำหนดแผนงานในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น			←						→																																				
3. การวัดเพื่อกำหนดหาสาเหตุของปัญหา								←				→																																	
4. วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา												←						→																											
5. การแก้ไขปรับปรุงกระบวนการผลิต																		←										→																	
6. ติดตามเพื่อทำการยืนยันผล																												←								→								
7. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ																																←								→				
8. จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์																																				←								→

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 แนวทางการผลิตแบบลีน (Lean manufacturing)

การผลิตแบบลีน (Lean manufacturing) [4] คือการบูรณาการแนวคิด กิจกรรม หรือการทำงานในโรงงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยการกำจัดความสูญเปล่าที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเกิดขึ้น โดยมุ่งเน้นไปที่การวิเคราะห์ความต้องการของลูกค้าและเน้นการสร้างคุณค่าให้กับลูกค้า (Create Value), การลดความสูญเสียของกระบวนการผลิตและการดำเนินงาน โดยอาจทำการตัดกิจกรรมใดๆ ที่ไม่ก่อให้เกิดประโยชน์และไม่สร้างมูลค่าเพิ่มออกจากกระบวนการผลิต (Eliminate Waste) และการปรับปรุงพัฒนาอย่างต่อเนื่อง (Continuous Improvement) โดยแนวคิดการผลิตแบบลีนนี้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อเปลี่ยนความสูญเปล่าที่จะเกิดขึ้นให้กลายเป็นมูลค่าเพิ่ม เพื่อช่วยเพิ่มโอกาสในการผลิตให้เพิ่มมากขึ้น ส่งผลต่อการสร้างกำไรที่เพิ่มมากขึ้น มุ่งเน้นการใช้ทรัพยากรให้คุ้มค่าที่สุดจากการลดความสูญเปล่า โดยการผลิตแบบลีนหรือการบริหารแบบลีน (Lean Management) สามารถวางแผนได้โดยหลักการพื้นฐานของการผลิตแบบลีน 5 ประการ (5 Leans Principles) [4, 5] ดังต่อไปนี้



รูปที่ 2.1 แสดงหลักการพื้นฐานของการผลิตแบบลีน 5 ประการ (5 Leans Principles) [4]

1. **การนิยามคุณค่า (Identify Value)** คือการกำหนดคุณค่าของสินค้าและบริการตามความต้องการของลูกค้า ไม่ว่าจะเป็นลูกค้าภายในหรือลูกค้าภายนอก ควรหลีกเลี่ยงการกำหนดคุณค่าจากมุมมองของบริษัท
   - โดยเริ่มจากการวิเคราะห์หาสิ่งที่ต้องการสร้างมูลค่าให้กับลูกค้า เป็นการวิเคราะห์ว่าบริษัทต้องการทำอะไรหรือต้องการเพิ่มมูลค่าอะไรเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้า
   - คุณค่า (Value) ในที่นี้จะมาจากลูกค้าหรือมาจากสิ่งที่บริษัทต้องการจะแก้ไข ยิ่งคุณค่าที่ระบุคือการแก้ไขปัญหาที่เป็นเรื่องเฉพาะทางลูกค้าก็มีแนวโน้มที่จะยอมจ่ายเพื่อแก้ไขปัญหามากขึ้น
2. **แผนภาพสายธารคุณค่า (Map the Value Stream)** คือการระบุคุณค่าในการผลิตแบบลีน โดยการการวิเคราะห์แผนการดำเนินงานปัจจุบันขององค์กรอย่างละเอียด หรือการเข้าใจถึงกิจกรรมทั้งหมดที่จำเป็นในการผลิตผลิตภัณฑ์ที่เฉพาะเจาะจง เริ่มตั้งแต่การออกแบบ การวางแผน การผลิตสินค้า เพื่อปรับกระบวนการทั้งหมดให้เหมาะสมจากมุมมองของลูกค้าผู้ใช้ปลายทาง หรือพฤติกรรมกลุ่มหมายถึงการเข้าใจสิ่งที่ผู้คนทำและทำไมพวกเขาถึงทำ โดยใช้แผนภาพสายธารคุณค่าช่วยในการวางแผน
   - ในขั้นตอนนี้ของการวางแผนการผลิตแบบลีน จะชี้ให้เห็นว่าขั้นตอนไหนบ้างในการดำเนินงานทำให้เกิดความสูญเปล่าและเกิดขึ้นเพราะอะไร และขั้นตอนใดบ้างทำให้เกิดการสร้างคุณค่าให้กับผลิตภัณฑ์หรือบริการ
   - โดยการวิเคราะห์ว่าการดำเนินงานอะไร และขั้นตอนไหนบ้างที่ก่อให้เกิดความสูญเปล่า (Waste) อาจใช้แนวคิดความสูญเปล่า 7 ประการ (7 Waste) ในการวิเคราะห์แผนการดำเนินงานได้
3. **สร้างการไหล (Create Continuous Workflow)** คือการปรับปรุงการดำเนินงานหลังจากที่ได้วิเคราะห์ขั้นตอนการดำเนินงานทั้งหมดแล้ว โดยการสร้างการไหลของกระบวนการที่สร้างคุณค่าให้ผลิตภัณฑ์หรือสินค้า โดยการประมวลผลอย่างต่อเนื่องตั้งแต่วัตถุดิบจนถึงสินค้าสำเร็จรูป ให้มีการดำเนินการอย่างสม่ำเสมอและต่อเนื่องโดยปราศจากของเสีย การหยุดพัก การล่าช้า การรอคอย หรือการหยุดในงานที่ผู้อื่นกระทำ
4. **สร้างการดึง (Establish Pull System)** คือการปรับการผลิตเป็นแบบการผลิตที่ผลิตตามความต้องการเป็นหลัก สร้างสมดุลและความสัมพันธ์ของปริมาณการผลิตตามความ

ต้องการของลูกค้า เพื่อกำจัดความสูญเปล่าที่เกิดขึ้น นั่นคือการดำเนินงานเท่ากับความต้องการที่เกิดขึ้น ไม่ผลิตสินค้าเกินความต้องการซึ่งจะนำไปสู่ต้นทุนในการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง เน้นหากมีคำสั่งจึงเริ่มทำการผลิต

5. **แสวงหาความสมบูรณ์แบบ (Seek Perfection)** คือการทำการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง เพื่อเพิ่มคุณค่า กำจัดความสูญเปล่าและทำให้มีการทำงานที่ดีมากยิ่งขึ้น ทำการปรับปรุงการใช้ประโยชน์ที่เกิดขึ้นจาก 4 ขั้นตอนแรก นำมาปรับปรุงระบุและกำจัดพฤติกรรมที่ไม่สร้างคุณค่าที่มีมาในภายหลังอาจทำวนไปจนได้ระบบที่ดีที่สุด

ประโยชน์ของการผลิตแบบลีน (Benefits of Lean Manufacturing) [4]

1. ใช้ทรัพยากรการผลิตได้อย่างคุ้มค่าและเกิดประโยชน์สูงสุด โดยระบบการผลิตนี้จะพยายามเน้นให้มีการใช้ทรัพยากรธรรมชาติให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยระบบจะเน้นให้มีการสั่งวัตถุดิบที่พอดีกับความต้องการ ใช้แรงงานในการผลิตที่เพียงพอ ผลิตสินค้าหรือบริการออกมาในระดับที่ตรงกับความต้องการของลูกค้า ใช้ทรัพยากรเท่าที่จำเป็นโดยไม่ต้องเสียไปกับความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นในการผลิตที่ทำให้เกิดความสิ้นเปลืองทรัพยากรการผลิต
2. การเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตและความเร็วในการผลิต จากการที่พนักงานไม่ต้องมีการแก้ปัญหาที่เกิดจากความผิดพลาดของการผลิต และปัญหาจากการผลิตที่เกิดจากความสูญเปล่า (Waste)
3. ลดต้นทุนในการส่งสินค้ากลับ (Reverse Logistics) ที่เป็นผลจากความผิดพลาดในการผลิตจนทำให้ต้องส่งสินค้ากลับมาแก้ไข ซึ่งก่อให้เกิดต้นทุนในการขนส่งและต้นทุนในการปรับปรุงแก้ไขสินค้าเพื่อส่งมอบให้กลับลูกค้า
4. ลูกค้าได้สินค้าหรือบริการตรงตามความต้องการภายในระยะเวลาที่กำหนด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การผลิตแบบลีน (Lean manufacturing) ถือเป็นระบบการผลิตที่มีจุดแข็งจากต้นทุนการผลิตที่เกิดจากการลดกิจกรรมหรือการทำงานที่ก่อให้เกิดความสูญเปล่า โดยเมื่อพิจารณาถึงระบบการผลิตแบบลีน [5] จะพบว่าระบบการผลิตนี้จะมุ่งเน้นไปที่การนำสิ่งที่ถูกต้องไปยังสถานที่ที่ถูกต้องในเวลาที่เหมาะสมในปริมาณที่เหมาะสม เพื่อให้เกิดกระบวนการทำงานที่สมบูรณ์แบบในขณะที่ลดของ

เสียและมีความยืดหยุ่นและสามารถเปลี่ยนแปลงได้ ความยืดหยุ่นและความสามารถในการเปลี่ยนแปลงนั้นอยู่ในขอบเขต สำคัญที่สุดคือแนวคิดลีน พนักงานที่ทำต้องมีความเข้าใจและยอมรับอย่างจริงจัง ที่จะมุ่งสร้างผลิตภัณฑ์ให้มีคุณค่าต่อลูกค้า ในด้านวัฒนธรรมขององค์กรในการจัดการแบบลีนจะมีความสำคัญมากกว่าเครื่องมือหรือวิธีการผลิตที่แท้จริง

2.1.2 กระบวนการแก้ปัญหาทางวิศวกรรม (Problem Solving Process of Engineering)

กระบวนการแก้ไขปัญหาโดยทั่วไป [6] (General Problem Solving Process) โดยกระบวนการแก้ไขปัญหานี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้กับทุกๆ ปัญหา และสามารถแก้ไขปัญหาและปรับปรุงกระบวนการทำงานได้อย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพ โดยแบ่งขั้นตอนการดำเนินการออกเป็น 5 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. **การตั้งนิยามของปัญหา (Problem Definition)** คือขั้นตอนที่เป็นการค้นหาปัญหาที่เหมาะสมสำหรับการปรับปรุงและแก้ไขปัญหา ยกตัวอย่างเช่น งานที่มีปัญหาในด้านต้นทุนการผลิต, งานที่มีปัญหาในการเกิดอัตราการเกิดของเสียสูง เป็นต้น โดยอาจใช้ทักษะการตั้งคำถามด้วยหลัก 5W1H ร่วมด้วย

รูปที่ 2.2 แสดงหลักการตั้งคำถามด้วยหลัก 5W1H

- Who คือเป็นการตั้งคำถามเกี่ยวกับปัญหาหรือความต้องการจากสถานการณ์เกิดขึ้นหรือเกี่ยวข้องกับใคร
- What คือเป็นการตั้งคำถามเกี่ยวกับปัญหาหรือความต้องการจากสถานการณ์นั้นๆ คืออะไร
- When คือเป็นการตั้งคำถามเกี่ยวกับปัญหาหรือความต้องการจากสถานการณ์นั้นๆ เกิดขึ้นเมื่อใด
- Where คือเป็นการตั้งคำถามเกี่ยวกับปัญหาหรือความต้องการจากสถานการณ์นั้นๆ เกิดขึ้นที่ไหน
- Why คือเป็นการตั้งคำถามเกี่ยวกับปัญหาหรือความต้องการจากสถานการณ์นั้นๆ เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากสาเหตุใด
- How คือการตั้งคำถามเพื่อวิเคราะห์ถึงแนวทางหรือวิธีการแก้ปัญหานั้นจะสามารถทำได้ด้วยวิธีการอย่างไร

2. **การวิเคราะห์ปัญหาและรายละเอียดที่เกี่ยวข้อง (Analysis of Problem)** คือขั้นตอนในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาหรือความต้องการ และแนวทางการแก้ไขปัญหาหรือตอบสนองต่อความต้องการในข้อที่ 1 รวมถึงข้อจำกัดที่ต้องคำนึงถึงในการเก็บรวบรวมไว้ ยกตัวอย่างเช่น ปริมาณการผลิต, จำนวนพนักงานที่ใช้ในกระบวนการผลิต, เวลาที่ใช้ในการผลิต และระยะเวลาที่ใช้สำหรับการผลิตนั้นๆ เป็นต้น
3. **การพิจารณาค้นหาทางเลือกในการแก้ไขปัญหาที่ดีที่สุด (Search for Possible Solutions)** คือขั้นตอนในการค้นหาวิธีหรือเครื่องมือที่ดีที่สุดมาใช้ในการแก้ไขปัญหาในการทำงานหรือกระบวนการผลิตต่างๆ โดยมากจะมีการจัดตั้งกลุ่มทำงานเพื่อระดมความคิดและระบุทางเลือกที่เป็นไปได้มากที่สุด
4. **ประเมินข้อเปรียบเทียบต่างๆ เพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุด (Evaluation of Alternatives)** คือขั้นตอนในการเลือกวิธีที่เหมาะสมและดีที่สุดเพื่อนำมาใช้แก้ไขปัญหาในการทำงานหรือกระบวนการผลิตของเรา โดยจะทำการประเมินทางเลือกหรือวิธีต่างๆ อย่างมีระบบและเลือกทางเลือกที่ดีที่สุด
5. **ให้คำแนะนำและติดตามผล (Recommendation for Action)** คือขั้นตอนของการติดตามผลที่เกิดขึ้นจากการแก้ไขปัญหาว่าวิธีการทำงานใหม่นี้มีประสิทธิภาพตามที่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กำหนดไว้ในตอนตั้งนิยามของปัญหาหรือไม่ และเพื่อเป็นการเฝ้าระวังปัญหาที่อาจเกิดขึ้นได้จากการปรับเปลี่ยนวิธีการทำงานในระยะแรก

2.1.3 การเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานด้วยแนวคิดแบบ 3 MU

แนวคิดแบบ 3 MU [7] คือแนวคิดที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานหรือกระบวนการผลิตสินค้าหรือบริการให้เพิ่มมากขึ้น โดยแนวคิด 3 MU แบ่งออกเป็น 3 หัวข้อ ได้แก่ Muda, Mura และ Muri ซึ่งแนวคิด 3MU นี้ เป็นแนวคิดพื้นฐานของ Toyota Production System หรือที่รู้จักกันในภายหลังในชื่อลีน (Lean) เป็นแนวคิดที่มุ่งเน้นในการกำจัดความสูญเปล่าและการดำเนินงานที่ไม่มีประสิทธิภาพ

1. **Muda** คือความสูญเปล่า (Waste) ที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต โดย Muda ถือเป็นสิ่งที่ทำให้ต้นทุนในการผลิตสูงขึ้นแต่ผลผลิตที่ได้กลับต่ำลงหรือกล่าวอีกนัยคือกระบวนการผลิตที่ยังขาดประภาพสิทธิภาพ และไม่ได้สร้างมูลค่าเพิ่ม (Value Added) ให้กับสินค้าหรือบริการนั้นๆ ดังนั้นถ้าหากกระบวนการผลิตมีการกำจัดความสูญเปล่าหรือ Muda ออกไป ก็จะสามารถทำให้กระบวนการผลิตนั้นมีต้นทุนการผลิตที่ต่ำลง โดยที่ยังสามารถคงประสิทธิภาพการทำงานไว้ได้ และต้นทุนการผลิตที่ลดลงนี้จะส่งผลให้บริษัทหรือโรงงานนั้นๆ ได้กำไรที่เพิ่มมากขึ้น โดยแนวคิด Muda อาจเรียกอีกชื่อหนึ่งว่าแนวคิดความสูญเสีย 7 ประการ (7 Waste) ซึ่งประกอบไปด้วยความสูญเสีย [8] ดังต่อไปนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แนวคิดความสูญเสีย 7 ประการ (7 Waste) ซึ่งประกอบไปด้วยความสูญเสีย [8] ดังต่อไปนี้

1. **ความสูญเสียจากการผลิตมากเกินไป (Overproduction)** คือความสูญเสียที่เกิดจากการผลิตสินค้าในปริมาณที่มากเกินความต้องการใช้งานในขณะนั้น เพื่อหวังว่าจะสามารถลดต้นทุนจากการผลิตสินค้าในปริมาณมากได้ (Economies of Scale) โดยปัญหาที่จะตามมาหลังจากการผลิตสินค้าในปริมาณมากนั่นคือ สูญเสียต้นทุนในการผลิตที่ไม่จำเป็น, เกิดต้นทุนในการเก็บรักษาสินค้าและสินค้าเสื่อมสภาพ

2. **ความสูญเสียจากการเก็บวัสดุคงคลัง (Inventory)** คือความสูญเสียที่เกิดจากการจัดเก็บวัสดุคงคลังและสินค้าคงคลัง อันเนื่องมาจากการซื้อวัสดุและวัตถุดิบจำนวนมากมาเก็บไว้เพื่อสร้างความมั่นใจให้กับบริษัทว่าเมื่อใดที่ลูกค้าต้องการสินค้า ทางบริษัทสามารถผลิตและตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าได้ทันที ซึ่งในความเป็นจริงการมีวัสดุคงคลังที่มากเกินความจำเป็นนั้น จะทำให้บริษัทต้องมีค่าใช้จ่ายต่างๆ ตามมาอีกมาก เช่น ต้นทุนในการเก็บรักษา ได้แก่ พื้นที่จัดเก็บ ค่าเช่าคลัง ค่าใช้จ่ายในการเคลื่อนย้ายเข้าและออก ค่าใช้จ่ายในการบริหารคงคลัง, ต้นทุนจมจากการซื้อวัสดุคงคลังหรือวัตถุมาเก็บเอาไว้เป็นจำนวนมากซึ่งยังไม่สามารถเปลี่ยนเป็นเงินสดได้ และวัสดุเสื่อมสภาพ ดังนั้นการลดความสูญเสียจากการเก็บสินค้าคงคลังคือการซื้อสินค้าหรือวัสดุมาในปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการ
3. **ความสูญเสียจากการขนส่ง (Transportation)** คือความสูญเสียที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการขนส่ง โดยมีต้นทุนเป็นค่าใช้จ่ายในการขนส่ง, เวลา, แรงงาน และบางครั้งยังรวมไปถึงค่าใช้จ่ายของสินค้าที่เสียหายในระหว่างการขนส่ง โดยความสูญเสียจากการขนส่งในบางครั้งยังรวมไปถึงการขนส่งที่ซับซ้อน, อุบัติเหตุจากการขนส่งผิดวิธี ขาดความระมัดระวังของพนักงานและการใช้วิธีการขนส่งที่ไม่เหมาะสม
4. **ความสูญเสียจากการเคลื่อนไหว (Motion)** คือความสูญเสียจากการเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็น รวมไปถึงการตัดสินใจและการเคลื่อนไหวที่ไม่ถูกต้องอย่างเช่นการยกของด้วยท่าทางที่ไม่ถูกต้องและเกิดการบาดเจ็บเกิดขึ้น ซึ่งความสูญเสียที่เกิดจากการเคลื่อนไหวจะส่งผลต่อกระบวนการผลิตโดยอาจทำให้การผลิตต้องหยุดชะงักลงไปได้
5. **ความสูญเสียจากการรอคอย (Delay)** คือความสูญเสียที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการผลิตหรือการดำเนินงานต่างๆ และการผลิตนั้นต้องหยุดชะงักด้วยเหตุผลบางอย่าง ยกตัวอย่างเช่น เครื่องจักรเกิดความเสียหาย, วัตถุดิบหมด และยังรวมไปถึงการเกิดอุบัติเหตุในระหว่างการทำงาน ซึ่งทำให้กระบวนการผลิตต้องหยุดชะงัก โดยความสูญเสียจากการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รอคอยยังก่อให้เกิดต้นทุนต่างๆ ตามมา เช่น ต้นทุนค่าเสียโอกาส, ต้นทุนแรงงานที่สูญเปล่า และความเสียหายที่เกิดจากการส่งมอบสินค้าหรือบริการนั้นๆ ไม่ทันต่อความต้องการของลูกค้า

6. **ความสูญเสียจากการผลิตของเสีย (Defect)** คือความสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตแล้วเกิดเป็นของเสียเกิดขึ้น โดยสาเหตุที่นำไปสู่การผลิตของเสีย อาจเกิดได้จากวัตถุดิบที่นำมาผลิตเกิดความเสียหายหรือไม่ได้คุณภาพ, ความไม่เข้าใจของพนักงาน, เครื่องจักรเกิดความเสียหายและการประกอบที่เกิดความผิดพลาด ซึ่งของเสียที่เกิดขึ้นนี้จะก่อให้เกิดต้นทุนในการนำสินค้าไปแก้ไขหรือสินค้านั้นไม่สามารถแก้ไขได้ต้องกำจัดทิ้ง จะทำให้ต้องทำการผลิตสินค้าใหม่เพื่อมาทดแทนสิ้นค้าที่เสียหายไป
7. **ความสูญเสียจากกระบวนการผลิต (Processing)** คือความสูญเสียจากกระบวนการผลิตที่มากเกินความจำเป็น ในขณะที่กระบวนการเหล่านี้ไม่ได้ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มขึ้นมา แต่ทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น โดยสาเหตุที่อาจก่อให้เกิดความสูญเสียจากกระบวนการผลิตอาจมาจาก กระบวนการที่ซ้ำซ้อนโดยบางกระบวนการไม่จำเป็นต้องมีก็ได้ และกระบวนการตรวจเช็คที่มากเกินความจำเป็น

2. **Mura** คือความไม่สม่ำเสมอของการดำเนินงาน (Unevenness) ซึ่งจะเป็นอุปสรรคสำคัญในการควบคุมคุณภาพของสินค้าหรืองานนั้นๆ ทำให้สินค้าที่ได้ออกมามีประสิทธิภาพที่ไม่สม่ำเสมอและไม่ได้คุณภาพ โดยความไม่สม่ำเสมอของการดำเนินงานนี้อาจเกิดได้จากการเลือกใช้คนเพื่อทำงานแต่ละงานที่ไม่สม่ำเสมอ ยกตัวอย่างเช่น มีการเปลี่ยนพนักงานที่ผลิตสินค้าตัวหนึ่งๆ ในทุกๆวัน ทำให้สินค้าที่ผลิตได้ไม่มีคุณภาพ, หรือการเลือกใช้วิธีการทำงานที่ไม่สม่ำเสมอ ส่งผลให้งานหรือสินค้าที่ได้ไม่มีคุณภาพ
3. **Muri** คือการทำสิ่งที่เกินกำลัง (Overburden) ซึ่งการทำงานที่เกินกำลังคน และเกินกำลังของเครื่องจักรจะก่อให้เกิดความล้าสะสม และนำไปสู่การดำเนินงานที่ไม่มีประสิทธิภาพ หรือพนักงานเกิดการบาดเจ็บเกิดขึ้นจนทำให้การผลิตต้องหยุดชะงัก นอกจากนี้การทำงานเกินกำลัง (Muri) ยังอาจส่งผลให้เกิดความตึงเครียดของพนักงานได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.1.4 ความสูญเสียหลัก 6 ประการ

ความสูญเสียหลัก 6 ประการ (6 Big Losses) ที่เกี่ยวกับเครื่องจักร [9] ได้แก่

1. **ความสูญเสียที่เกิดจากเครื่องจักรขัดข้อง (Breakdown Losses)** โดยความสูญเสียนี้เกิดจากการที่เครื่องจักร ไม่สามารถผลิตสินค้าได้ตามที่ต้องการ และทำให้ไม่สามารถส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้าได้ทันเวลา หรือในบางครั้งการที่เครื่องจักรเกิดการเสียหายหรือขัดข้องในระหว่างกระบวนการผลิต อาจส่งผลให้สินค้าที่ผลิตได้นั้นเกิดความเสียหายหรือเกิดเป็นข้อบกพร่องเกิดขึ้น และทำให้ต้องสูญเสียเวลาในการแก้ไขชิ้นงาน หรือถ้าชิ้นงานนั้นไม่สามารถแก้ไขได้อาจต้องทำการทิ้งสินค้านั้นไปทำให้ต้องทำการผลิตสินค้าใหม่เพื่อมาทดแทนสิ้นค้าที่เสียหายไป
   - ตัวอย่างของความสูญเสียประเภทนี้ ได้แก่
     1. เครื่องหยุดเดินกะทันหัน อันเนื่องมาจาก เช่น ลูกปืนแตก, สายพานขาด มอเตอร์ไหม้ เป็นต้น
     2. การหยุดเครื่องกะทันหัน เนื่องจากการเปลี่ยนชิ้นส่วนเครื่องจักร หรือการตรวจสอบฟื้นฟูสภาพของเครื่องนอกแผนงาน เช่น ขณะทำการผลิตเกิดมีเสียงดังของลูกปืน เป็นต้น
2. **ความสูญเสียที่เกิดจากการปรับตั้งและปรับแต่ง (Set Up and Adjustment Losses)** คือความสูญเสียที่เกิดจากการปรับตั้งและปรับแต่งเครื่องจักร โดยเมื่อต้องมีการปรับตั้งเครื่องจักรจะก่อให้เกิดการสูญเสียเวลาในระหว่างกระบวนการผลิต บางครั้งเมื่อกระบวนการผลิตเกิดของเสียหรือข้อบกพร่องเกิดขึ้นอาจทำให้ต้องมีการปรับตั้งเครื่องจักรอยู่บ่อยครั้งเพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น
3. **ความสูญเสียจากการหยุดเครื่องเล็กๆ น้อยๆ (Small Stoppage)** คือความสูญเสียที่เกิดจากเครื่องจักรมีการขัดข้อง ทำให้เครื่องหยุดการผลิตเป็นช่วงสั้นๆ แต่ถึงแม้จะเป็นเพียงการหยุดเล็กๆ น้อยๆ แต่ถ้าพบว่าในวันหนึ่งๆ เกิดบ่อยครั้ง เมื่อรวมเวลาที่หยุดเล็กๆ น้อยๆ ทั้งวัน อาจพบว่าเวลาโดยรวมอาจมีมากกว่าการหยุดเนื่องจากการขัดข้องของเครื่องจักรเสียอีก ตัวอย่างความสูญเสียประเภทนี้ เช่น พนักงานป้อนชิ้นงานไม่ต่อเนื่อง หรือการขาดวัตถุป้อนเข้าเครื่อง ทำให้เครื่องเดินตัวเปล่าในระยะเวลาสั้นๆ
4. **ความสูญเสียที่เกิดจากการสูญเสียความเร็ว (Speed Losses)** คือความสูญเสียที่เกิดจากความเร็วจริงที่ใช้ในการผลิตต่ำกว่าความเร็วตามมาตรฐานที่กำหนดของเครื่อง หรือ

ของแต่ละผลิตภัณฑ์ส่งผลให้ผลิตสินค้าได้น้อยกว่าแผนตามระยะเวลาที่กำหนด ตัวอย่างของความสูญเสียประเภทนี้ในด้านอุตสาหกรรม ได้แก่ ในกระบวนการที่คนทำต้องทำงานกับเครื่อง เช่น ป้อนชิ้นงานเข้าเครื่อง เมื่อเกิดความเมื่อยล้า ก็เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการสูญเสียความเร็วได้

5. **ความสูญเสียที่เกิดจากการผลิตของเสียและการแก้ไขงาน (Defect and Rework)** คือความสูญเสียที่เกิดจากเครื่องผลิตสินค้าไม่ตรงตามข้อกำหนดของลูกค้า และเกิดเป็นของเสียเกิดขึ้น
6. **ความสูญเสียที่เกิดขึ้นช่วงเริ่มต้นผลิต (Start Up Losses) คือ**ความสูญเสียของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นในช่วงแรกของการผลิต ยกตัวอย่างเช่น การเริ่มผลิตสินค้าหลังจากการหยุดสุดสัปดาห์หรือหลังจากทำการซ่อมเครื่องจักร แล้วเกิดเป็นของเสียเกิดขึ้น โดยความสูญเสียประเภทนี้เป็นความสูญเสียในด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ จะมีความสูญเสียมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับลักษณะการทำงานของเครื่อง

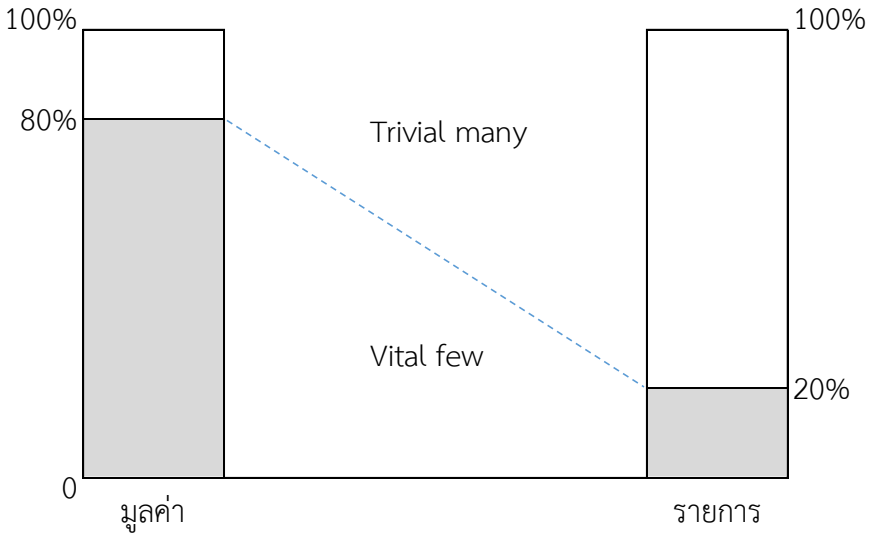
2.1.5 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1.5.1 แผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagram)

แผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagram) [10, 11] คือแผนภูมิแท่งที่ใช้สำหรับจำแนกประเภทของข้อมูล (Data Stratification) รวมถึงใช้ในการการวิเคราะห์ตรวจสอบเพื่อหาสาเหตุของปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นในองค์กรหรือบริษัท โดยการนำเอาสาเหตุของปัญหาเหล่านั้นมา แบ่งแยกประเภทแล้วเรียงลำดับความสำคัญของข้อมูลจากมากไปหาน้อย (แกนแนวนอนของแผนภูมิ) โดยวัตถุประสงค์หลักของการนำแผนภูมิพาเรโตมาใช้คือการหาสาเหตุของปัญหา และนิยมนำมาใช้ในการหาตัวแปรที่มีต่ออิทธิพลต่อคุณภาพ (Quality) เพื่อใช้เป็นแนวทางในการตัดสินใจแก้ปัญหาหลัก และปัญหารองตามลำดับ โดยการนำกฎของพาเรโตคือ 80:20 มาประยุกต์ใช้ โดยสิ่งที่สำคัญจะมีเพียง 20 % และส่วนที่เหลืออีก 80% จะเป็นสิ่งที่ไม่สำคัญ กล่าวคือผลลัพธ์ส่วนใหญ่กว่า 80% มักเกิดจากตัวแปรขนาดเล็กเพียง 20% ซึ่งเป็นไปตามหลักการของพาเรโตคือ “ภายใต้สภาวการณ์โดยธรรมชาติ สิ่งที่มีความสำคัญๆ จะมีจำนวนเพียงเล็กน้อย (Vital Few) ในขณะที่สิ่งที่มีความสำคัญน้อยๆ จะมีจำนวนมากมาย (Trivial Many)” โดยการแก้ไขปัญหาหลักที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการทำงานหรือ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

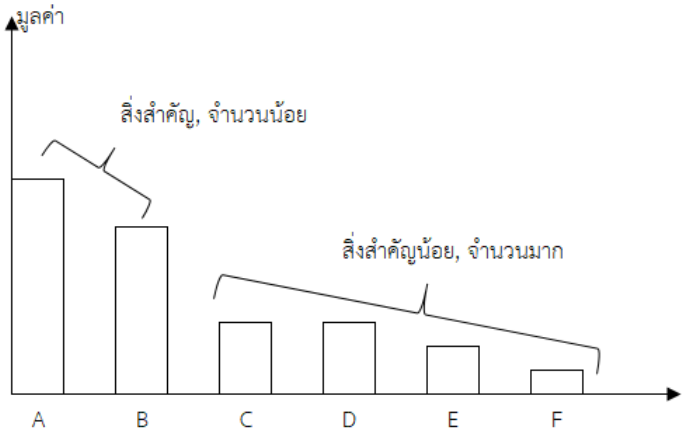
กระบวนการผลิตมักเกิดจากสาเหตุหรือปัจจัยเพียงไม่กี่ตัวแปร แต่เมื่อเราเลือกสาเหตุหลักมาแก้ไข จะสามารถแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการทำงานได้เป็นจำนวนมาก



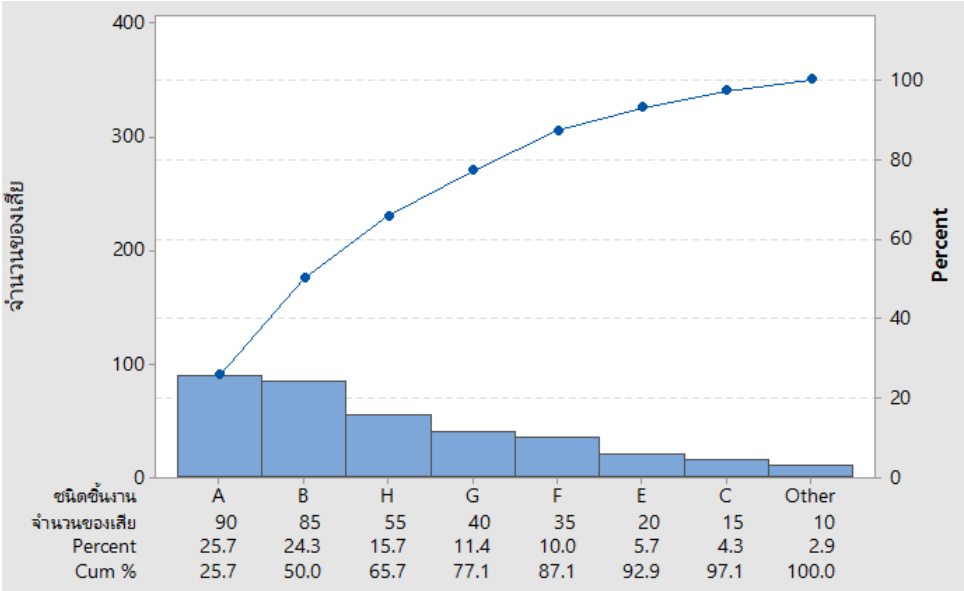
รูปที่ 2.3 แสดงหลักการของพาเรโต [11]

โดยการสร้างแผนภาพพาเรโตสามารถดำเนินการได้ 2 แบบคือ แบบที่ไม่มีเส้นโค้งสะสมซึ่ง J.M Juran ได้แสดงผลในระยะแรกๆ ดังรูปที่ 2.4 และแบบที่มีเส้นโค้งสะสม ซึ่งสมาคม JUSE ของญี่ปุ่นได้ทำการพัฒนาต่อมาจาก Juran เพื่อให้เกิดความง่ายต่อการตีความหมายการแจกแจงแบบพาเรโต ดังรูปที่ 2.5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 2.4 แสดงวิธีการแสดงแผนภาพพาเรโตแบบไม่มีเส้นโค้งสะสม [11]



รูปที่ 2.5 แสดงวิธีการแสดงแผนภาพพาเรโตแบบมีเส้นโค้งสะสม

2.1.5.2 ผังก้างปลา (Fish Bone Diagram)

ผังก้างปลา (Fish Bone Diagram) [11-13] หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่าผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) คือแผนผังที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์หาสาเหตุและผลของปัญหา (Effect) ทั้งหมดที่ก่อให้เกิดปัญหา โดยจะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผลในรูปแบบของแผนผังที่มีลักษณะคล้ายก้างปลา (Fish Bone) เพื่อแสดงให้เห็นว่าปัญหานั้นเกิดจากอะไร และอะไรที่ก่อให้เกิดสิ่งที่เป็นปัญหา โดยส่วนประกอบของแผนผังก้างปลาแบ่งออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ๆ ได้แก่

1. ส่วนหัวของปลา จะแสดงถึงผลลัพธ์ (Effect) หรือปัญหาที่เกิดขึ้น
2. ส่วนของก้างใหญ่ จะแสดงถึงสาเหตุหลักของปัญหาหรือปัจจัยที่เป็นปัญหา
3. ส่วนของก้างเล็ก จะแสดงถึงสาเหตุรองที่ทำให้ปัจจัยนั้นๆ เกิดขึ้น โดยในก้างเล็กสามารถแตกออกเป็นสาเหตุย่อยๆ ได้อีก

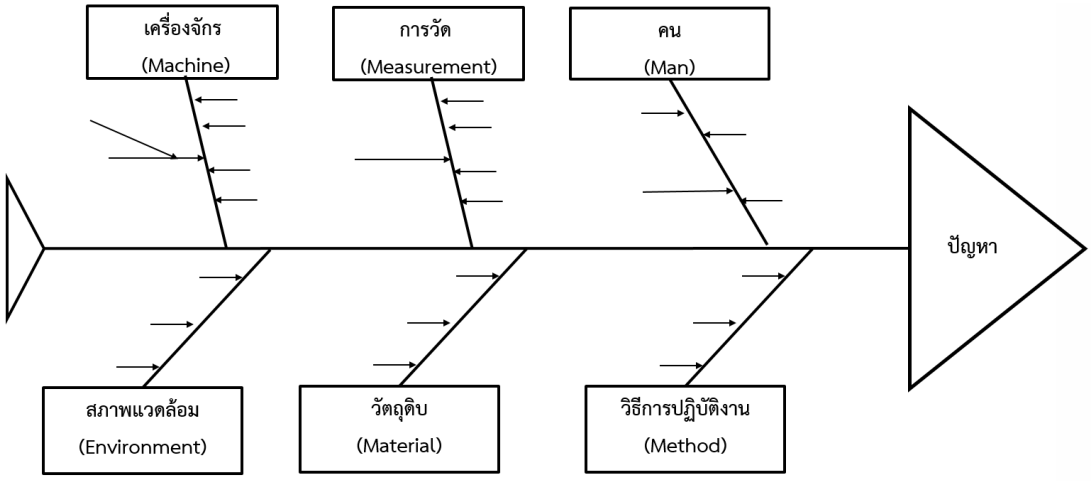
วิธีการสร้างแผนผังก้างปลา มีขั้นตอนหลักๆ อยู่ด้วยกัน 6 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. กำหนดผลลัพธ์ (Effect) หรือปัญหาที่เกิดขึ้นที่หัวปลากำหนดผลลัพธ์ (Effect) หรือปัญหาที่เกิดขึ้นที่หัวปลา
2. ระดมสมองเพื่อหาสาเหตุในแต่ละปัจจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. กำหนดสาเหตุหลักของปัญหาหรือปัจจัยที่ก่อให้เกิดปัญหานั้น ๆ ไว้ที่ส่วนของก้างปลาใหญ่
4. กำหนดจะแสดงถึงสาเหตุรองที่ทำให้ปัจจัยนั้นๆ เกิดขึ้น ไว้ที่ส่วนของก้างปลาเล็ก
5. จัดลำดับความสำคัญของสาเหตุ
6. หาแนวทางการในการปรับปรุงแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น

โดยทั่วไปการแก้ปัญหาในเชิงกระบวนการทำงานหรือกระบวนการผลิตของโรงงาน มักจะนำหลักการ 4M1E คือ วัสดุ (Material), เครื่องจักร (Machine), การวัด (Measurement), ผู้ทำงาน (Man), วิธีการทำงาน (Method) และสภาพแวดล้อมในการทำงาน (Environment หรือ Mother Nature) มาเป็นกลุ่มปัจจัย (Factors) เพื่อใช้ในการแยกแยะสาเหตุของปัญหาในแผนผังก้างปลา



CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 2.6 แสดงตัวอย่างแผนผังก้างปลา (Fish Bone Diagram)

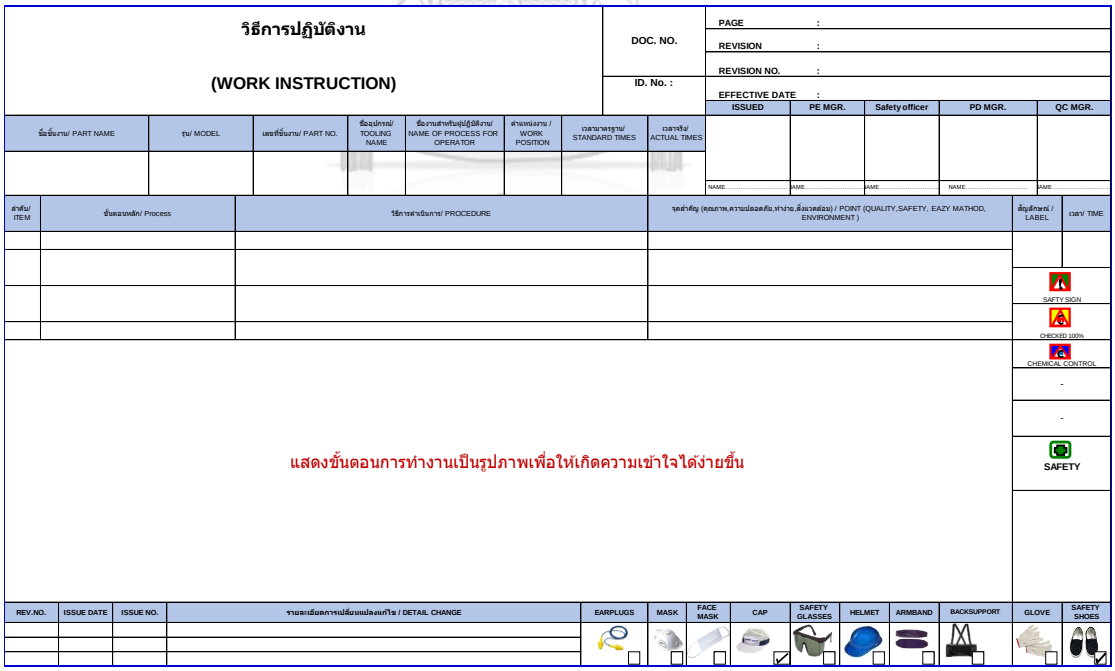
2.1.5.3 แนวทางในการปฏิบัติงาน (Work Instruction)

แนวทางในการปฏิบัติงาน (Work Instruction : WI) คือเอกสารหรือคู่มือที่มีรายละเอียดเกี่ยวกับวิธีการดำเนินงานและปฏิบัติงานต่างๆ, วิธีการใช้งานเครื่องมือหรืออุปกรณ์ รวมถึงหน้าที่ความรับผิดชอบและข้อควรระวังต่างๆ โดยเอกสารวิธีการปฏิบัติงานนี้จะสามารถใช้ได้กับพนักงานทุกคนทั้งที่มีประสบการณ์ในการทำงานนั้นๆ อยู่แล้วหรือแม้กระทั่งพนักงานใหม่เมื่อได้ทำความเข้าใจกับเอกสารนี้แล้วก็สามารถเข้าใจวิธีการทำงานได้ ซึ่งเอกสารดังกล่าวนี้สามารถใช้เป็น

คู่มือในการกำหนดมาตรฐานในการทำงาน โดยพนักงานทุกคนสามารถปฏิบัติงานแทนกันได้ในระดับมาตรฐานเดียวกัน

โดยองค์ประกอบหรือหัวข้อในที่ต้องจัดทำในเอกสารแนวทางในการปฏิบัติงาน (WI) นั้น ส่วนใหญ่จะประกอบไปด้วยหัวข้อดังต่อไปนี้

1. ชื่อของการดำเนินงานหรือกระบวนการปฏิบัติงานนั้นๆ
2. วิธีการดำเนินงาน โดยมากจะแสดงเป็นรูปภาพและมีการใช้ตัวอักษรในการอธิบาย เพื่อให้สามารถเข้าใจได้มากยิ่งขึ้น
3. เครื่องมือหรืออุปกรณ์ต่างๆ ที่ต้องใช้ในการปฏิบัติงาน
4. หน้าที่ความรับผิดชอบของพนักงาน
5. สัญลักษณ์เกี่ยวกับความปลอดภัย ในกรณีที่การปฏิบัติงานนั้นๆ มีอาจมีความเสี่ยงเกิดขึ้นในระหว่างการปฏิบัติงาน
6. ข้อควรระวังอื่นๆ



รูปที่ 2.7 แสดงตัวอย่างเอกสารแนวทางในการปฏิบัติงาน (WI)

2.1.5.4 การประเมินผลความผันแปรของความระบบการวัด (ข้อมูลแอตทริบิวต์) [11]

โดยในระบบการวัดข้อมูลแบบแอตทริบิวต์ ซึ่งได้แก่ ระบบการตรวจสอบที่อาศัยอัตวิสัยของผู้ตรวจวัด ยกตัวอย่างเช่น การตรวจสอบกลิ่น, การตรวจสี, การตรวจสอบความเรียบร้อย ฯลฯ โดยมีวัตถุประสงค์คือการยอมรับได้หรือไม่ โดยในบางกรณีมีข้อจำกัดในด้านเวลาและค่าใช้จ่ายในการวัดก็อาจจะทำการกำหนดคุณภาพในรูปแบบของผ่าน (GO) หรือไม่ผ่าน (NO GO) เท่านั้น โดยการประเมินความสามารถของระบบการวัดหรือการตรวจสอบซึ่งเป็นการศึกษาในระยะสั้น จะดำเนินการดังนี้

1. ทำการคัดเลือกชิ้นงานมาประมาณ 15-30 ชิ้น โดยชิ้นงานที่นำมาทำการตรวจสอบควรประกอบไปด้วยชิ้นงานที่ดีและไม่ดีที่สามารถบ่งบอกได้อย่างชัดเจนมาอย่างละ 1 ใน 3 และอีก 1 ใน 3 ควรเลือกชิ้นงานที่เป็นแบบก้ำกึ่งทั้งงานดีแบบก้ำกึ่ง (Marginal Conformity) และงานบกพร่องแบบก้ำกึ่ง (Marginal Nonconformity) อย่างละครึ่งๆ
2. ทำการสุ่มพนักงานที่ผ่านการประเมินผลด้านทักษะแล้วประมาณ 2 ถึง 4 คน มาทำการวัดหรือตรวจสอบสุ่ม โดย Fasser and Brettner (1992, p.204) ได้ให้คำแนะนำต่อขนาดซ้ำที่เหมาะสมดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงขนาดสิ่งตัวอย่างที่แนะนำในการประเมินผลระบบการตรวจสอบ [11]

จำนวนพนักงานตรวจสอบ	จำนวนชิ้นงาน	จำนวนซ้ำของการตรวจ
1	24	5
2	18	4
≥ 3	12	3

เมื่อผลการตรวจสอบสิ้นสุดลง ให้ทำการประเมินผลด้วยดัชนีต่างๆ ดังนี้

$$\%\ \text{รีพีททะบิลิตี้ของพนักงานตรวจสอบ} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ผลการตรวจสอบเหมือนกัน}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}}$$

$$\% \text{ ความไม่ไบอัสของพนักงานตรวจสอบ} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ผลการตรวจสอบเหมือนกันและถูกต้อง}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}}$$

$$\% \text{ ประสิทธิผลด้านรีพีททะบิลิตี้} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่พนักงานทุกคนตรวจได้เหมือนกัน}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}}$$

$$\% \text{ ประสิทธิผลด้านไบอัส} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่พนักงานทุกคนตรวจได้เหมือนกันอย่างถูกต้อง}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}}$$

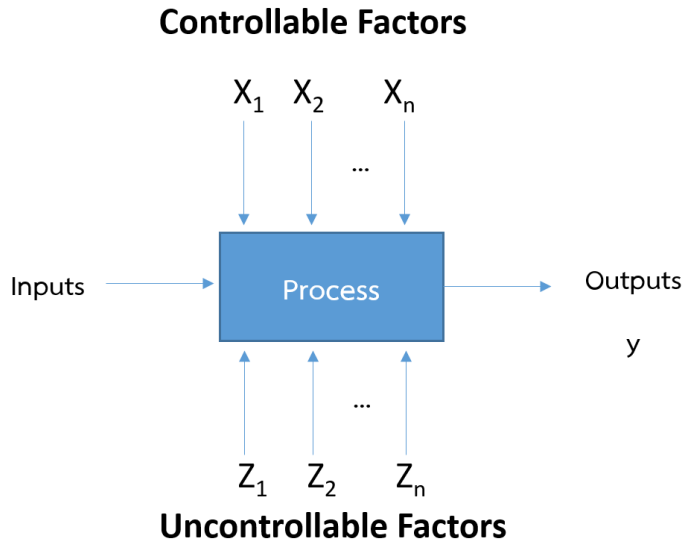
โดยในกรณีที่ % รีพีททะบิลิตี้ของพนักงานตรวจสอบไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด แล้วมีความจำเป็นต้องค้นหาสาเหตุเกี่ยวกับความผิดพลาดของพนักงานที่เกิดขึ้นด้วยการดำเนินการฝึกอบรม แต่ถ้าหาก % ความไม่ไบอัสของพนักงานตรวจสอบไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด มีความจำเป็นต้องค้นหาสาเหตุจากระบบการตรวจสอบเดิมแล้วทำการปรับปรุงระบบการตรวจสอบให้ดีขึ้น โดย % ประสิทธิผลนั้น ถ้าค่าดังกล่าวนี้ไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดก็มีความจำเป็นต้องค้นหาสาเหตุจากระบบแล้วดำเนินการปรับปรุงเพื่อทำการลดความแปรปรวนลง

2.1.5.5 การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment : DOE)

การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment : DOE) [14, 15] คือการออกแบบการทดลองเพื่อใช้ในการเก็บข้อมูล, ตรวจสอบว่าตัวแปรนำเข้ามีผลกระทบต่อระบบหรือกระบวนการหรือไม่ ถ้ามีผลแล้วจะมีผลอย่างไร โดยถ้าต้องการให้การทดลองมีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ให้ได้ผลที่ดีที่สุด จะต้องทำการนำวิธีการทางวิทยาศาสตร์เข้ามาช่วยในการวางแผนการทดลอง โดยองค์ประกอบของการทดลองประกอบด้วย

- **ตัวแปรนำเข้าหรือปัจจัย (Inputs)** คือตัวแปรที่สามารถควบคุมและกำหนดค่าได้ ซึ่งได้มาจาก การระดมสมอง โดยต้องการศึกษาว่าปัจจัยที่ทำการทดสอบมีผลกระทบค่าตัวแปรตอบสนองที่สนใจหรือไม่
- **ตัวแปรตอบสนอง (Responses)** คือผลลัพธ์หรือตัวชี้วัดสิ่งที่สนใจปรับปรุง ซึ่งสามารถวัดค่าได้ ยกตัวอย่างเช่น อัตราผลิตผลดี (yield), สัดส่วนของเสีย เป็นต้น
- **ตัวแปรควบคุม (Controllable Factors)** หรือปัจจัยที่สามารถควบคุมได้

- **ตัวแปรที่ควบคุมไม่ได้ (Uncontrollable Factors)** หรือปัจจัยที่สามารถควบคุมไม่ได้
- **กระบวนการทดลอง (Process)**



รูปที่ 2.8 แสดงองค์ประกอบต่างๆ ของการทดลอง

การออกแบบการทดลองเชิงสถิตินั้นคือกระบวนการในการวางแผนการทดลองเพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความเหมาะสมและสามารถนำไปวิเคราะห์โดยวิธีทางสถิติ ซึ่งจะทำให้เราสามารถหาข้อสรุปที่สมเหตุสมผลได้ โดยหลักการพื้นฐานในการออกแบบการทดลองมีหลักการพื้นฐาน 3 ประการ ได้แก่

1. เรพลิเคชัน (Replication) คือการทำการทดลองซ้ำ โดยเรพลิเคชันมีคุณสมบัติที่สำคัญคือเรพลิเคชันสามารถทำให้ผู้ทำการทดลองสามารถหาค่าประมาณของความผิดพลาดในการทดลองได้ ซึ่งตัวประมาณค่าความผิดพลาดนี้ถือเป็นหน่วยของการวัดขั้นพื้นฐานสำหรับการพิจารณาความแตกต่างสำหรับข้อมูลที่ได้จากการทดลองว่ามีความแตกต่างกันในทางสถิติหรือไม่
2. แรนดอมไมเซชัน (Randomization) เป็นหลักการพื้นฐานที่ใช้ในเชิงสถิติในการออกแบบการทดลอง โดยการทดลองในแต่ละครั้งจะเป็นแบบสุ่ม (Random) ซึ่งการที่

เราทำการแรนดอมไมซ์การทดลองจะทำให้เราสามารถลดผลของปัจจัยภายนอกที่อาจจะปรากฏในการทดลองได้

3. บล็อกกิง (Blocking) เป็นเทคนิคในการเพิ่มความเที่ยงตรงให้กับการทดลองปล็อกอันหนึ่งอาจจะหมายถึงส่วนหนึ่งของวัสดุที่ใช้ในการทดลองที่ควรจะมีความเป็นอันหนึ่งอันเดียวกันมากกว่าเซ็ตทั้งหมดของวัสดุ

จากรูปที่ 2.8 จะสามารถอธิบายได้ว่ากระบวนการแสดงถึงการรวมกันของเครื่องจักร, วิธีการ, คน และทรัพยากรอื่นๆ เข้าด้วยกันเพื่อเปลี่ยนตัวแปรนำเข้า ให้เป็นตัวแปรตอบสนองหรือผลลัพธ์

ขั้นตอนในการออกแบบการทดลอง [14]

1. การหาความสำคัญของปัญหา สำรวจเหตุผล ความจำเป็นที่ต้องทำการทดลอง และระบุวัตถุประสงค์
2. การกำหนดตัวแปรตอบสนองและปัจจัยที่จะทำการศึกษา และการกำหนดว่าจะศึกษาเพื่อทดสอบความมีนัยสำคัญของปัจจัย หรือจะศึกษาเพื่อหาค่าที่เหมาะสมของปัจจัย
3. ออกแบบการทดลอง กำหนดแบบการทดลองที่จะใช้โดยพิจารณาตามวัตถุประสงค์ของการศึกษาว่าต้องการศึกษาเพื่อทดสอบความมีนัยสำคัญของปัจจัยหรือจะศึกษาเพื่อหาค่าที่เหมาะสมของปัจจัย ซึ่งจะใช้แบบการทดลองที่แตกต่างกัน
   3.1 เขียนเมทริกซ์การออกแบบ
   3.2 กำหนดค่าของแต่ละระดับของปัจจัยที่จะทำการทดสอบ
   3.3 กำหนดตัวแปรอื่นๆ ที่อาจจะมีอิทธิพลต่อตัวแปรตอบสนอง เพื่อทำการควบคุมตัวแปรเหล่านั้น
4. การดำเนินการทดลองตามที่ออกแบบไว้
5. วิเคราะห์ผลการทดลองโดยใช้หลักทางสถิติ
6. การสรุปผลและข้อเสนอแนะ

Chulalongkorn University

2.1.6 กรรมวิธีขึ้นรูปพลาสติกแบบฉีด (Injection Molding)

กระบวนการในการผลิตชิ้นงานพลาสติกนั้น [16] โดยทั่วไปแล้วเราสามารถกระทำได้หลากหลายวิธีด้วยกัน เช่น กรรมวิธีการอัดรีด (Extrusion) เพื่อผลิตชิ้นงานรูปพรรณต่างๆ ทั้งกลวงและตัน เช่น ท่อสายยาง, กรอบประตู และหน้าต่าง ฯลฯ กรรมวิธีการเป่าถุงและแผ่นฟิล์ม (Blown Film) กรรมวิธีการเป่าภาชนะกลวง (Blow Molding) กรรมวิธีการขึ้นรูปจากแผ่นฟิล์มพลาสติก (Thermoforming) กรรมวิธีการรีด (Calendering)

การที่จะเลือกกรรมวิธีใดนั้นก็ขึ้นอยู่กับรูปร่างลักษณะของผลิตภัณฑ์ ชนิดของพลาสติก และความสะดวกรวดเร็วในการผลิต แต่กรรมวิธีในการผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติกที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบันก็คือ กรรมวิธีการฉีดพลาสติก (Injection Molding) เนื่องจากวิธีการผลิตชิ้นงานพลาสติกโดยการฉีดนี้จะทำให้สามารถผลิตได้ชิ้นงานที่มีรูปร่างซับซ้อนได้ดีกว่าวิธีการผลิตอื่นๆ และข้อดีของการผลิตพลาสติกด้วยการฉีดนี้ ยังพบว่าการทำงานก็ไม่ค่อยยุ่งยากมากนัก, ราคาเครื่องจักรไม่แพงจนเกินไป, ใช้พื้นที่ในการผลิตไม่มากเหมือนกับการผลิตในวิธีอื่นๆ และยังสามารถทำงานได้กับพลาสติกทุกประเภทคือ เทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic) เทอร์โมเซต(Thermosets) และอีลาสโตเมอร์ (Elastomers)

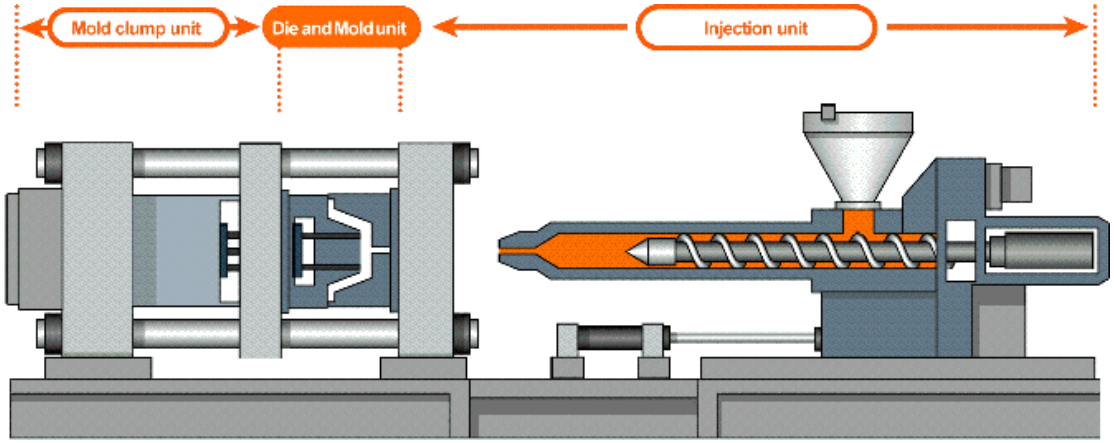
โครงสร้างของเครื่องฉีดพลาสติก [16] โดยเครื่องฉีดพลาสติกโดยทั่วๆ ไปประกอบด้วยส่วนที่สำคัญๆ 3 ส่วนคือ

1. **ชุดฉีด (Injection Unit)** โดยที่ชุดฉีดจะมีส่วนประกอบหลักๆ ดังต่อไปนี้
   - หัวฉีด (Nozzle)
   - เกลียวหนอน (Injection Screw)
   - กระบอกฉีด (Barrel)
   - แผ่นความร้อน (Heater)
   - กรวยเติมพลาสติก (Hopper)
   - กระบอกสูบและลูกสูบไฮดรอลิกส์ (Hydraulics Cylinder and Pistal)
   - มอเตอร์ขับเคลื่อนเกลียวหนอนให้หมุน (Drive Motor)
2. **ชุดปิด- เปิดแม่พิมพ์ (Clamping Unit)** โดยจะประกอบไปด้วยส่วนที่ยึดแม่พิมพ์เอาไว้ (Molding Clamp Unit) และแม่พิมพ์ (Die and Mold Unit) และมีส่วนประกอบย่อยๆ ดังต่อไปนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- แผ่นยึดแม่พิมพ์ (ด้านเคลื่อนที่และอยู่กับที่)
- เพลานำเลื่อน
- ระบบขับเคลื่อนปิด – เปิดแม่พิมพ์
- แผ่นยึดระบบขับเคลื่อน

3. **ฐานเครื่อง (Base)** โดยส่วนใหญ่จะเป็นโครงเหล็กเหนียวที่ได้จากการเชื่อมประกอบ



รูปที่ 2.9 แสดงโครงสร้างของเครื่องฉีดพลาสติก [17]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้าที่ของชุดฉีด (Injection Unit) มีดังต่อไปนี้ [16]

- ดึงพลาสติกเข้ากระบอกฉีด โดยการนำเอาพลาสติกซึ่งถูกบรรจุอยู่ในกรวยเติม (Hopper) เข้าสู่กระบอกฉีดด้วยการหมุนรอบตัวเองของเกลียวหนอน (Injection Screw)
- ทำหน้าที่หลอมเหลวพลาสติกที่ถูกดึงเข้ามาในกระบอกฉีด แล้วจะถูกลำเลียงต่อไปเรื่อยๆ พร้อมกับการหลอมเหลวพลาสติก เมื่อได้ปริมาณของพลาสติกเหลวตามที่ต้องการแล้ว เกลียวหนอนจะหยุดหมุน
- ทำหน้าที่ฉีดและรักษาความดัน โดยที่เกลียวหนอนจะเคลื่อนที่ในแนวแกนด้วยความเร็วสูงเพื่อทำการอัดพลาสติกเหลวที่อยู่หน้าปลายเกลียวหนอน พลาสติกเหลวจะไหลเข้าสู่

แม่พิมพ์จนกระทั่งเต็ม และเกลียวหนอนก็ยังคงค้างอยู่ด้วยความดันที่พอเหมาะ เพื่ออัดเนื้อพลาสติกในแม่พิมพ์ให้แน่น

หน้าที่ของชุดปิด- เปิดแม่พิมพ์ (Clamping Unit) มีดังต่อไปนี้

- เลื่อนเพื่อเปิด-ปิด แม่พิมพ์
- ให้แรงในการปิดล็อคแม่พิมพ์
- หล่อเย็นชิ้นงาน
- ปลดชิ้นงานออก

หน้าที่ของฐานเครื่อง (Base) คือคอยรับน้ำหนักจากชุดฉีด และชุดปิด- เปิดแม่พิมพ์ และทำหน้าที่ยึดติดอุปกรณ์ไฮดรอลิกส์ทั้งหมด ตลอดจนทำหน้าที่เป็นถังบรรจุน้ำมันไฮดรอลิกส์ด้วย

หลักการทำงานของเครื่องฉีดพลาสติก [16]

โดยทั่วไปหลักในการทำงานของเครื่องฉีดพลาสติกทุกชนิดทุกยี่ห้อส่วนใหญ่จะมีความคล้ายคลึงกัน ยกเว้นส่วนปลีกย่อยที่อาจถูกเพิ่มเติมเข้ามา เพื่อให้การทำงานง่ายขึ้นและสามารถแก้ปัญหางานได้มากขึ้น สำหรับเครื่องฉีดพลาสติกสมัยใหม่ที่ใช้เทคโนโลยีที่สูงขึ้น โดยเมื่อพิจารณาการทำงานของเครื่องฉีดพลาสติกสามารถแบ่งออกได้เป็น 9 ขั้นตอน (จังหวะ)

- **จังหวะที่ 1** คือการที่แม่พิมพ์เคลื่อนที่เข้าปิดและล็อคแน่นเพื่อป้องกันแม่พิมพ์เผลอออกด้วยแรงที่มากกว่าแรงต้านที่เกิดขึ้นในแม่พิมพ์เนื่องจากการฉีด แรงปิดล็อคแม่พิมพ์นี้สามารถเลือกปรับได้ทั้งในระบบปิด-เปิดแม่พิมพ์ไฮดรอลิกส์ และในระบบแมคานิกส์ แต่ในระบบไฮดรอลิกส์จะทำได้ง่ายกว่า
- **จังหวะที่ 2** คือชุดฉีดจะเลื่อนเข้าหาแม่พิมพ์จนกระทั่งชนกับแม่พิมพ์ และค้างไว้ด้วยแรงที่พอเหมาะ เพื่อป้องกันชุดฉีดถอยหลังกลับในขณะที่ทำการฉีด
- **จังหวะที่ 3** คือการฉีดพลาสติกหลอมเหลวเข้าแม่พิมพ์ โดยตัวเกลียวหนอนจะเคลื่อนที่ตามแนวแกนและมีตัวแหวนกันพลาสติกไหลย้อนกลับทำหน้าที่เป็นลูกสูบ ในจังหวะนี้อาจเรียกว่าเป็นขั้นตอนในการเติมพลาสติกเข้าแม่พิมพ์ (Filling)

- **จังหวะที่ 4** คือการย้ำรักษาความดัน (Holding) แก่พลาสติกเหลวในแม่พิมพ์ เพื่อให้ชิ้นงานฉีดมีเนื้อที่แน่น โดยที่ความหนาแน่นของวัสดุพลาสติกไม่เปลี่ยนแปลง และไม่เกิดรอยยุบที่ผิวชิ้นงาน
- **จังหวะที่ 5** คือการหล่อเย็นชิ้นงานฉีดในแม่พิมพ์ (Cooling) เวลาในการหล่อเย็นนี้เป็นเวลาที่เราตั้งให้กับเครื่อง และเวลานี้จะต้องนานกว่าเวลาในการหลอมและป้อนพลาสติกไปหน้าปลายเกียวหนอน จังหวะการทำงานนี้มีอิทธิพลมากต่อเวลาการทำงานทั้งวงจร (Cycle Time)
- **จังหวะที่ 6** คือการหลอมและป้อนพลาสติกไปหน้าเกลียวหนอน โดยเกลียวหนอนจะหมุนรอบตัวเองเพื่อดึงเอาเม็ดพลาสติกจากกรวยเติมเข้ามาในกระบอกฉีด และส่งต่อไปยังหน้าปลายเกลียวหนอนพร้อมกับหลอมเหลวไปด้วย ในขณะที่เกลียวหนอนหมุนรอบตัวเองอยู่นั้น เกลียวหนอนจะเคลื่อนตัวถอยหลังกลับไปโดยอัตโนมัติเนื่องจากแรงดันของพลาสติกเหลวที่อยู่หน้าปลายเกลียวหนอน (หัวฉีดยังค้างอยู่ที่แม่พิมพ์) เมื่อได้ปริมาณของพลาสติกเหลวตามที่ต้องการแล้วเกลียวหนอนก็จะหยุดหมุน จังหวะการทำงานนี้จะเริ่มพร้อมกันกับจังหวะการหล่อเย็น
- **จังหวะที่ 7** คือการที่ชุดถอยหลังกลับเพื่อเป็นการป้องกันอุณหภูมิของหัวฉีดลดต่ำลงเกินไป ซึ่งอาจทำให้ทำการฉีดไม่ได้เนื่องจากพลาสติกเหลวหนืดขึ้น คือมีอุณหภูมิที่ต่ำเกินไป ทำให้เกิดการไหลไม่ได้
- **จังหวะที่ 8** คือการที่แม่พิมพ์เคลื่อนที่เปิดออก หลังจากสิ้นสุดเวลาในการหล่อเย็นที่เราตั้งไว้กับเครื่อง
- **จังหวะที่ 9** คือขั้นตอนในการปลดชิ้นงาน (Ejecting) หลังจากที่แม่พิมพ์เปิดออกสุดแล้ว ตัวอิเจ็คเตอร์ (Ejector) ก็จะทำหน้าที่ดันชิ้นงานให้หลุดออกมา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เวลาการทำงานของเครื่องฉีดพลาสติก [16]

เวลาการทำงานของเครื่องฉีดพลาสติก เราสามารถปรับตั้งได้โดยตรงกับตัวเครื่องฉีดพลาสติกหรือทางอ้อม ซึ่งจะขึ้นอยู่กับแฟคเตอร์ (Factor) ต่างๆ ต่อไปนี้

1. **เวลาของการปิดแม่พิมพ์** จะขึ้นอยู่กับระยะทางและความเร็วของชุดปิด-เปิดแม่พิมพ์ ซึ่งเวลาของการปิดแม่พิมพ์สามารถปรับได้ทางอ้อม

2. **เวลาฉีด** จะขึ้นกับระยะทาง, ปริมาณพลาสติกเหลวหน้าปลายเกลียวหนอนและความเร็วในการฉีด ซึ่งเวลาฉีดสามารถปรับได้ทางอ้อม
3. **เวลาย้ำรักษาความดัน** จะขึ้นกับความหนาแน่นของชิ้นงานฉีด, ความดัน และเวลาที่ใช้ในการย้ำ ซึ่งเวลาย้ำรักษาความดันสามารถปรับได้โดยตรงกับเครื่องฉีดพลาสติก
4. **เวลาหล่อเย็นที่ปรับตั้ง** จะขึ้นกับความหนาแน่นของชิ้นงานฉีด, ชนิดของพลาสติก, อุณหภูมิของแม่พิมพ์ และอุณหภูมิของพลาสติกเหลว ซึ่งเวลาหล่อเย็นที่ปรับตั้งสามารถปรับได้โดยตรงกับเครื่องฉีดพลาสติก
5. **เวลาหลอมและป้อนพลาสติก** จะขึ้นกับปริมาณพลาสติกที่ใช้, ขนาดกระบอกฉีด, ความเร็วรอบเกลียวหนอน และความดันต้านการถอยกลับของเกลียวหนอน ซึ่งเวลาหลอมและป้อนพลาสติก สามารถปรับได้ทางอ้อม
6. **เวลาหล่อเย็นรวม** จะขึ้นอยู่กับเวลาฉีด, เวลาย้ำรักษาความดัน, และเวลาหล่อเย็นที่ปรับตั้ง ซึ่งเวลาหล่อเย็นรวมสามารถปรับได้ทางอ้อม
7. **เวลาฉีดทั้งหมด** จะขึ้นอยู่กับเวลาฉีดและเวลาย้ำรักษาความดัน ซึ่งเวลาฉีดทั้งหมดสามารถปรับได้ทั้งทางตรงจากเครื่องฉีดพลาสติกและทางอ้อม
8. **เวลาในการปลดชิ้นงาน** จะขึ้นกับระยะทางที่เข็มกระทุ่งเคลื่อนที่, ความเร็วในการเคลื่อนที่และจำนวนครั้งในการปลดชิ้นงาน ซึ่งเวลาในการปลดชิ้นงานสามารถปรับได้ทางอ้อม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

พารามิเตอร์ที่สำคัญในการฉีดพลาสติก [16]

การปรับตั้งพารามิเตอร์ต่างๆ ในการฉีดพลาสติกนั้น ถ้ามีการปรับที่ไม่เหมาะสมหรือถูกต้องจะส่งผลให้ชิ้นงานที่ผลิตได้เกิดเป็นของเสียเกิดขึ้นได้ โดยพารามิเตอร์ที่สำคัญในการฉีดพลาสติกสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 กลุ่มหลักๆ ได้แก่ๆ

1. **อุณหภูมิ** ได้แก่
   - **อุณหภูมิพลาสติกเหลว** เป็นอุณหภูมิของพลาสติกเหลวที่ออกมาจากหัวฉีดในขณะทำการฉีด อุณหภูมิของพลาสติกเหลวที่ใช้ในการฉีดนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของพลาสติกซึ่งโดยทั่วไปแล้วเราสามารถสอบถามได้จากบริษัทผู้ผลิต ส่วนมากจะบอกมาเป็นช่วงกว้างๆ เช่น 230-280 องศาเซลเซียส การที่จะเลือกใช้อุณหภูมิสูงหรือ

ต่ำนั้นก็ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมในการทำงาน โดยการเลือกอุณหภูมิที่แผ่นความร้อนสามารถทำได้ 2 วิธีคือ

1. เริ่มจากอุณหภูมิต่ำและค่อยๆ สูงขึ้น (จากกรวยเติมพลาสติกไปยังหัวฉีด)
2. เริ่มจากอุณหภูมิสูงและค่อยๆ ต่ำขึ้น (จากกรวยเติมพลาสติกไปยังหัวฉีด)

โดยวิธีที่นิยมใช้กันมากก็คือ ใช้อุณหภูมิต่ำและค่อยๆสูงขึ้น(จากกรวยเติมพลาสติกไปยังหัวฉีด) ทั้งนี้ก็เพื่อป้องกันพลาสติกตรงตำแหน่งใต้กรวยเติม

- **อุณหภูมิแม่พิมพ์** เราสามารถควบคุมอุณหภูมิโดยใช้อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิของน้ำหรือน้ำมันที่ไหลเข้าหมุนเวียนอยู่ในแม่พิมพ์ อุณหภูมิของแม่พิมพ์ที่จะทำการปรับตั้งนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของพลาสติก ถ้าเป็นพวกอะมอร์ฟัสเทอร์โมพลาสติก (Amorphous Thermoplastics) เราจะใช้อุณหภูมิต่ำ ส่วนพาร์เชียลคริสตัลไลน์เทอร์โมพลาสติก (Partial Crystalline Thermoplastics) จะใช้อุณหภูมิสูงกว่าในกรณีที่ไม่มีอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ เราก็ต้องอาศัยวิธีการปรับปริมาณและความเร็วของน้ำเข้าหรือออกจากแม่พิมพ์ ซึ่งต้องใช้ประสบการณ์มากและต้องใช้เวลามากพอสมควรกว่าจะได้อุณหภูมิของแม่พิมพ์คงที่ กล่าวคือ ถ้าต้องการอุณหภูมิของแม่พิมพ์ต่ำเราสามารถเปิดน้ำเข้าแม่พิมพ์ไปพร้อมๆกับการฉีดได้เลย แล้วค่อยๆปรับปริมาณและความเร็วของน้ำให้มากขึ้น เพื่อชดเชยอุณหภูมิที่สูงขึ้นเนื่องจากพลาสติกเหลว จนได้อุณหภูมิแม่พิมพ์คงที่ แต่ถ้าต้องการอุณหภูมิแม่พิมพ์สูงเราจะปิดน้ำเอาไว้ก่อน หลังจากการฉีดไปได้สักระยะหนึ่งจนอุณหภูมิแม่พิมพ์สูงขึ้นตามที่ต้องการแล้วจึงค่อยเปิดให้น้ำไหลผ่านแม่พิมพ์ และทำการปรับปริมาณและความเร็วของน้ำจนได้อุณหภูมิแม่พิมพ์คงที่

2. เวลา ได้แก่

- **เวลาในการฉีด** โดยเวลาในการฉีดพลาสติกเหลวเข้าแม่พิมพ์นั้น เราไม่สามารถจะปรับตั้งค่าได้โดยตรงที่ตัวเครื่องฉีดเพราะจะขึ้นอยู่กับความเร็วในการเคลื่อนที่ตามแนวแกนของเกลียวหนอน (ความเร็วฉีด) และระยะทางของพลาสติกเหลวที่อยู่หน้าปลายเกลียวหนอน

- **เวลาในการหล่อเย็น** ที่เกิดในการฉีดพลาสติกนี้จะมีอยู่ 2 ช่วงคือ ช่วงแรกเป็นเวลาในการหล่อเย็นที่สามารถปรับตั้งให้กับเครื่องได้ ซึ่งเป็นเวลาส่วนใหญ่ที่ใช้ในการฉีดแต่ละครั้ง เวลาในการหล่อเย็นที่เราทำการปรับตั้งจะนานแค่ไหน ก็ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของชิ้นงานที่อยู่ในแม่พิมพ์ที่เราต้องการว่าจะให้มีอุณหภูมิเท่าไร หรือลดลงพอที่จะเปิดแม่พิมพ์เพื่อปลดชิ้นงานออกโดยไม่เสียรูปทรงได้หรือยัง ซึ่งก็ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของตัวแม่พิมพ์เองและความหนาของชิ้นงาน ส่วนเวลาในการหล่อเย็นช่วงที่สองเป็นเวลาในการหล่อเย็นทั้งวงจรคือ เป็นเวลาในการลดอุณหภูมิทั้งหมดของชิ้นงานตั้งแต่เริ่มฉีดพลาสติกเหลวเข้าแม่พิมพ์ ทำการย้ำรักษาความดันและรวมกับเวลาในการหล่อเย็นที่ปรับตั้งจนกระทั่งแม่พิมพ์เริ่มเปิด
- **เวลาในการทำงานทั้งหมด** เป็นเวลาที่ใช้ทั้งหมดตั้งแต่แม่พิมพ์เริ่มเคลื่อนที่และเข้าปิดจนกระทั่งเสร็จสิ้นการปลดชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ เวลานี้ส่วนใหญ่จะขึ้นอยู่กับเวลาในการย้ำรักษาความดันและเวลาในการหล่อเย็นที่ปรับตั้ง

3. ความดัน ได้แก่

- **ความดันฉีด** เป็นความดันที่เกิดขึ้นกับพลาสติกเหลวที่อยู่หน้าปลายเกลียวหนอนโดยการเคลื่อนที่ตามแนวแกนของเกลียวหนอน ความดันนี้เองที่เป็นตัวทำให้พลาสติกเหลวที่อยู่หน้าปลายเกลียวหนอนเคลื่อนที่เข้าในแม่พิมพ์ และจะไหลเข้าเต็มแม่พิมพ์หรือไม่ก็ขึ้นอยู่กับความดันฉีดนี้เหมือนกันความดันนี้เราสามารถปรับได้โดยตรงที่ความดันของน้ำมันไฮดรอลิกส์
- **ความดันย้ำ** เป็นความดันที่เกิดขึ้นกับพลาสติกเหลวที่อยู่หน้าปลายเกลียวหนอนเหมือนกับความดันฉีดทุกประการ แต่แตกต่างกันที่ขนาดของความดันย้ำนี้จะน้อยกว่า โดยทั่วๆ ไปเราจะใช้ประมาณ 30-70 เปอร์เซ็นต์ของความดันฉีด ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของพลาสติกด้วย ความดันย้ำนี้บางทีเราเรียกว่า ความดันฉีดจังหวะสอง ความดันนี้มีอิทธิพลต่อคุณภาพของชิ้นงาน เช่น การหดตัว ความเค้นภายในน้ำหนักของชิ้นงาน และการยุบตัวที่ผิวชิ้นงาน ด้วยเหตุนี้จึงต้องเลือกใช้ค่าความดันย้ำให้เหมาะสมไม่น้อยหรือมากเกินไป
- **ความดันต้านการถอยของเกลียวหนอน** เป็นความดันที่เกิดขึ้นตรงตำแหน่งด้านท้ายของเกลียวหนอน เนื่องจากความดันของน้ำมันไฮดรอลิกส์เหมือนกับความดัน

ฉีดและย้ำ เพื่อต้านทานการถอยหลังกลับของเกลียวหนอน เนื่องจากความดันที่เกิดขึ้นของพลาสติกเหลวที่อยู่หน้าปลายเกลียวหนอนในจังหวะที่ทำการหลอมเหลวและป้อนพลาสติก และความดันเหล่านี้จะเป็นตัวช่วยให้เกลียวหนอนถอนหลังกลับอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งจะเป็นผลดีต่อการหลอมเหลวและผสมกันของวัสดุพลาสติก

- **ความดันในแม่พิมพ์** เป็นความดันที่เกิดขึ้นในแม่พิมพ์ เนื่องจากการไหลของพลาสติกเหลวเข้าสู่แม่พิมพ์เนื่องจากความดันฉีด ความดันนี้จะมีค่าสูงสุดเมื่อพลาสติกเริ่มเต็มแม่พิมพ์ และจะเป็นตัวก่อให้เกิดแรงกระทำภายในแม่พิมพ์เผยอออก

4. ความเร็ว ได้แก่

- **ความเร็วการฉีด** เป็นความเร็วในการเคลื่อนที่ตามแนวแกนของเกลียวหนอนเพื่อดันพลาสติกเหลวที่อยู่หน้าปลายเกลียวหนอนให้ไหลเข้าแม่พิมพ์ ความเร็วในการฉีดจะเกิดควบคู่ไปกับความดันฉีดเพราะต้นกำเนิดขับมาจากจุดเดียวกัน ความเร็วในการฉีดจะเป็นตัวควบคุมความดันฉีด กล่าวคือถ้าเราใช้ความเร็วฉีดสูงขึ้นความดันฉีดก็จะมากขึ้นตามไปด้วย
- **ความเร็วปิด-เปิดแม่พิมพ์** โดยที่เวลาในการทำงานทั้งวงจรจะมากหรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับความเร็วในการปิด – เปิดแม่พิมพ์ ความเร็วในการเปิดแม่พิมพ์จะไม่ค่อยมีอิทธิพลมากนักต่อแม่พิมพ์ แต่จะมีผลต่อชิ้นงานฉีดคือ ในกรณีที่แม่พิมพ์ด้านอยู่กับที่เป็นเบ้าลึก การเปิดแม่พิมพ์จะต้องค่อยๆเปิด มิฉะนั้นผิวของชิ้นงานจะถูกครูดเป็นรอย ส่วนความเร็วในการปิดแม่พิมพ์ต้องคอยระวังอย่าให้สูงเกินไปเมื่อแม่พิมพ์เริ่มจะปิดเพราะจะเกิดการกระแทกกันได้ระหว่างแม่พิมพ์ทำให้แม่พิมพ์เสื่อมสภาพเร็วหรือเกิดการเสียหายได้
- **ความเร็วชุดฉีดเลื่อนเข้า-ออก** โดยความเร็วนี้ควรให้เหมาะสมอย่าให้เร็วเกินไปโดยเฉพาะความเร็วในการเลื่อนเข้าเพาะจะเกิดการกระแทกของหัวฉีดกับแม่พิมพ์ทำให้เกิดความเสียหายได้ทั้งที่ตัวแม่พิมพ์และหัวฉีด ความเร็วนี้จะขึ้นอยู่กับระยะทางด้วย ถ้าระยะทางที่ชุดฉีดต้องถอยหลังกลับมากก็ต้องใช้ความเร็วสูงเพื่อให้เวลาในการทำงานสั้นลง

- **ความเร็วรอบเกลียวหนอน** จะมีอิทธิพลต่ออุณหภูมิของพลาสติกเหลวและระยะเวลาในการหลอมเหลว ถ้าความเร็วรอบของเกลียวหนอนสูงขึ้นอุณหภูมิของพลาสติกเหลวก็จะสูงขึ้น และระยะเวลาที่ใช้ในการหลอมเหลวและป้อนพลาสติกเหลวก็จะสั้นลง ขนาดเกลียวหนอนแตกต่างกันแม้ว่าจะมีความเร็วรอบเท่ากัน แต่ผลที่เกิดขึ้นกับอุณหภูมิของพลาสติกเหลวและเวลาในการหลอมเหลวและป้อนพลาสติกเหลวจะไม่เท่ากัน เนื่องจากว่าความเร็วรอบที่สันเกลียวไม่เท่ากัน

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วัชรากร อรุณวิราม และคณะ (2558) [18] ศึกษาการลดเวลาสูญเปล่าและของเสียในกระบวนการขึ้นรูปพลาสติกด้วยระบบสุญญากาศ อันเนื่องมาจากเกิดความสูญเปล่าที่เกิดจากการปรับตั้งเครื่องจักรที่ใช้เวลานานและมีของเสียเกิดขึ้นจำนวนมาก โดยในงานวิจัยนี้ได้นำเอาเทคนิคการปรับตั้งค่าเครื่องจักรอย่างรวดเร็ว (Single Minutes Exchange of Die: SMED) และเครื่องมือควบคุมคุณภาพ 7 อย่าง (7QC Tools) มาใช้ในการปรับปรุงและแก้ไขปัญหา ผู้วิจัยได้จำแนกขั้นตอนการทำงานของพนักงานออกเป็นงานภายในและงานภายนอก จากนั้นเปลี่ยนงานภายในเป็นงานภายนอกด้วยเทคนิค SMED เพื่อลดขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องจักร และทำการปรับปรุงตัวควบคุมความร้อนของเครื่องจักรให้สามารถควบคุมได้แบบตัวต่อตัว กำหนดมาตรฐานการทำงานและปรับตั้งเครื่องจักรของพนักงานแบบคู่ขนาน หลังการปรับปรุงพบว่าสัดส่วนของเสียลดลงเหลือ 1.68% , สามารถลดระยะเวลาและขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องจักรลง 6 ขั้นตอน ทำให้สามารถลดเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรจากเดิม 345 นาที เหลือ 281 นาทีต่อครั้งต่อการผลิต1,000 ชิ้น นอกจากนี้ยังสามารถเพิ่มอัตราการผลิตได้ในปริมาณ 266 ชิ้นต่อวัน เมื่อปรับปรุงแล้วกำลังการผลิตจะเพิ่มขึ้น 17.04% หรือคิดมูลค่าเพิ่มขึ้น 1,048,891 บาทต่อปี

ภูมินทร์ แจ่มเชื้อ (2554) [19] ทำการศึกษาการลดฟองอากาศในพลาสติกไนลอนพอลิเอทีลีนชนิดความหนาแน่นต่ำในกระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกแบบฟิล์มแบบการดราย โดยใช้การออกแบบการทดลองแบบ Box-Benhnken โดยปัจจัยที่ทำการศึกษา ได้แก่ ความเร็วของลูกกลิ้ง, อุณหภูมิของเตาอบและแรงดึงพลาสติก โดยพบว่าสมการที่ได้จากความสัมพันธ์ของเงื่อนไขกระบวนการดรายกับของเสียแบบฟองอากาศจะแสดงด้วยฟังก์ชันกำลังสอง และพบว่าเมื่อความเร็ว

ของลูกกลิ้งเพิ่มมากขึ้นจะส่งผลให้เกิดของเสียแบบฟองอากาศได้ลดลงอันเนื่องมาจากเมื่อพลาสติกมีความตึงฟองอากาศที่เกิดขึ้นจะไม่ถูกเก็บไว้บนผลิตภัณฑ์ แต่เมื่อพลาสติกมีความตึงมากจะส่งผลให้พลาสติกเกิดการขยายตัวและหดตัวเกิดขึ้นทำให้เกิดของเสียแบบฟองอากาศในปริมาณมาก และเมื่อพิจารณาที่อุณหภูมิของเตาอบจะพบว่าเมื่ออุณหภูมิเตาอบมีค่ามากขึ้นจะส่งผลให้ปริมาณของเสียแบบฟองอากาศเกิดขึ้นลดลง เนื่องจากเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ตัวทำละลายจะสามารถระเหยได้ดีทำให้แผ่นพลาสติกมีการเชื่อมติดกันได้ดีและมีประสิทธิภาพ โดยจากการศึกษาพบว่าค่าที่เหมาะสมในการปรับตั้งพารามิเตอร์เพื่อให้เกิดของเสียประเภทฟองอากาศน้อยที่สุดคือ ความเร็วลูกกลิ้ง 150 รอบต่อนาที, แรงดึงพลาสติก 400 นิวตัน และอุณหภูมิเตาอบเท่ากับ 85 องศาเซลเซียส

จิระวัฒน์ แตงไทย (2553) [20] ทำการศึกษาการลดสัดส่วนของเสียที่เกิดจากโพรงอากาศในกระบวนการขึ้นรูปไมโครชิป พบว่าในงานวิจัยนี้มีการออกแบบการทดลองโดยใช้วิธีการพื้นผิวตอบสนองแบบ Box-Behnken Design เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมที่ทำให้ขนาดรวมของโพรงอากาศมีค่าน้อยกว่า 500 ไมครอน โดยเบื้องต้นได้ระบุปัจจัยทั้งหมดที่น่าจะมีผลต่อการเกิดของเสียแบบโพรงอากาศหรือของเสียแบบฟองอากาศ โดยใช้หลักการแผนผังก้างปลาร่วมกับการวิเคราะห์กับผู้เชี่ยวชาญ พบว่ามี 4 ปัจจัยที่น่าจะส่งผลได้แก่ แรงอัดของแม่พิมพ์, แรงฉีดเรซิ่น, เวลาในการฉีดเรซิ่น และระยะเวลาในการอุ่นเรซิ่น จากผลการทดลองพบว่าปัจจัยทั้ง 4 ปัจจัยส่งผลต่อการเกิดของเสียแบบฟองอากาศแบบมีนัยสำคัญ รวมทั้งอันตรกิริยาแรงฉีดและระยะเวลาในการอุ่นเรซิ่น ซึ่งจะเห็นได้ว่าความหนืด แรงและความเร็วในการไหลมีผลต่อการเคลื่อนที่ของเรซิ่น โดยได้ขนาดรวมของโพรงอากาศเฉลี่ยที่น้อยที่สุดที่ 218.25 ไมครอน และจากการทดสอบยืนยันผลพบว่าไม่มีของเสียเนื่องจากขนาดโพรงอากาศเกินกว่า 500 ไมครอน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ชยันต์ เสาสุทแสน (2548) [21] ได้ทำการศึกษาการออกแบบแผนการทดลองเพื่อปรับปรุงคุณภาพในกระบวนการฉีดพลาสติก กรณีศึกษาโรงงานฉีดพลาสติก โดยเป็นการศึกษากระบวนการฉีดพลาสติกเพื่อคัดเลือกปัจจัยที่มีผลต่อชิ้นส่วนฝาครอบส่วนระบายอากาศที่ติดตั้งนอกอาคารที่ผลิตจากการฉีดพลาสติก โดยประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลองแบบเศษส่วนเชิงแฟกทอเรียลแบบสองระดับ พบว่าความเร็วในการฉีดพลาสติก, ความดันในการฉีด, ความเร็วของสกรู, ความเร็วในการหลอมเหลว และอุณหภูมิภายในกระบอกสูบส่วนกลางเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของเสียแบบฉีดไม่เต็ม และเมื่อทำการพิจารณาหาค่าปัจจัยที่เหมาะสม พบว่าความเร็วในการฉีดพลาสติกควรอยู่ที่ 47 มิลลิเมตรต่อวินาที, ความดันในการฉีดพลาสติก 42.5 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร, ความเร็วของสกรู 91.5 มิลลิเมตรต่อวินาที, ความเร็วในการหลอมพลาสติก 7.67 มิลลิเมตรต่อวินาที

และอุณหภูมิภายในกระบอกสูบส่วนกลาง 225 องศาเซลเซียส สามารถลดของเสียแบบฉีดไม่เต็มได้ 1.94%

ชุติกาญจน์ ลีธีระ และคณะ (2562) [22] ได้ศึกษาการลดเวลาในการติดตั้งและปรับตั้งแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก เนื่องจากมีการสูญเสียเวลาในการปรับเปลี่ยนแม่พิมพ์นานถึง 194.36 นาที โดยกิจกรรมที่ใช้เวลานานประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ 1) การดำเนินการแก้ไขในส่วนของการปรับเปลี่ยนแม่พิมพ์ และ 2) การดำเนินการแก้ไขในส่วนของการปรับค่าพารามิเตอร์ จึงเสนอแนวทางในการแก้ไขปัญหาดังกล่าวโดยใช้หลักการปรับเปลี่ยนเครื่องจักรอย่างรวดเร็ว (SMED) ในการแยกกิจกรรมภายในและภายนอก ร่วมกับการวิเคราะห์ปัญหาด้วยคำถาม ทำไม-ทำไม (Why-Why Analysis) ซึ่งหลังการปรับปรุงแก้ไขพบว่าสามารถลดเวลาที่ใช้ในปรับเปลี่ยนแม่พิมพ์จาก 194.36 นาที เหลือ 131.40 นาที โดยเวลาที่ลดลง คือ 62.56 นาที คิดเป็นร้อยละ 32.19

ภาวิณี อาจปรุ (2551) [23] ได้ทำการศึกษาการลดเวลาสูญเปล่าในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เบรกเกอร์โดยการพยายามกำจัดและลดเวลาที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่ม (Non Value Added) โดยในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นที่จะลดความสูญเปล่าอันเนื่องมาจากการรอคอย, การเคลื่อนไหวที่เกินความจำเป็นและความสูญเปล่าอันเนื่องมาจากงานเสีย (Defect) โดยใช้หลักการ 3T ในการวิเคราะห์หาเวลาสูญเปล่าที่เกิดขึ้น และใช้เทคนิคแผนภูมิคน-เครื่องจักร (Man-Machine Chart) , การตั้งคำถาม Why-Why Analysis, แผนภูมิก้างปลา, 5W1H, หลักการ ECRS และเครื่องมือคุณภาพมาเป็นเครื่องมือในการหาสาเหตุหลักของปัญหาและปรับปรุงกระบวนการเพื่อลดความสูญเปล่าที่เกิดขึ้น โดยหลังจากการปรับปรุงสายการผลิตพบว่า ความสูญเสียต่างๆ แนวโน้มลดลง จึงทำให้สัดส่วนของเวลาที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าลดลงจากเดิม ร้อยละ 41 เป็นร้อยละ 28 และยังสามารถเพิ่มผลผลิตและประสิทธิภาพในการทำงาน เพิ่มขึ้นจากเดิม ร้อยละ 79 เป็นร้อยละ 85

จิรายุ ประภาอนันตชัย (2553) [24] ทำการศึกษาการลดของเสียชุดปรับกระจกมองข้างรถยนต์โดยใช้การประยุกต์ใช้ซิกซ์ ซิกมา เพื่อทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาโดยใช้แผนภูมิก้างปลาและการออกแบบการทดลองร่วมด้วย จากงานวิจัยพบว่าความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) มีความสัมพันธ์กับความดันในการฉีด (Injection Pressure, P) เป็นสมการเส้นตรง โดยเมื่อทำการปรับเพิ่มความดันในการฉีดจะส่งผลให้ความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) มีค่าลดลง และเนื่องจากเครื่องฉีดพลาสติกและแม่พิมพ์มีการใช้งานมานาน จึงเสื่อมสภาพและไม่สามารถควบคุมค่าต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยในงานวิจัยนี้มีการเสนอให้มีการจัดซื้อเครื่องฉีดใหม่ การทำแม่พิมพ์ใหม่ การจัดทำเอกสาร X-bar-R Chart, Sample Data Sheet และเอกสารตรวจสอบเครื่องมือและเครื่องจักรต่างๆ

โดยจากการดำเนินงานวิจัยพบว่าสามารถลดจำนวนของเสียทั้ง 2 ปัญหา คือปัญหากระจกปรับเสียงดัง/เสียงผิดปกติ และปัญหากระจกปรับสะดุด สามารถลดลงได้ 18 ชิ้นต่อเดือนหรือคิดเป็น 0.012% ต่อเดือน

I. Mawardi และคณะ (2019) [25] ได้ทำการศึกษาถึงปัญปาที่มักพบในกระบวนการฉีดพลาสติก โดยวัตถุประสงค์ของการศึกษาในงานวิจัยนี้คือการวิเคราะห์ผลของอุณหภูมิที่ส่งผลต่อการเกิดของเสียในกระบวนการฉีดพลาสติก โดยอุณหภูมิในการฉีดขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของพลาสติกหลอมเหลว โดยทำการทดสอบที่อุณหภูมิ 150, 160, 165 และ170 องศาเซลเซียส ซึ่งผลการทดลองที่เกิดขึ้นคือที่อุณหภูมิฉีดต่ำๆ คือ 160 องศาเซลเซียส จะส่งผลให้เกิดของเสียในปริมาณที่มากกว่าอุณหภูมิในการฉีดที่สูงกว่า สามารถสรุปได้ว่าเมื่อทำการเพิ่มอุณหภูมิในการฉีดจะส่งผลให้เกิดของเสียในปริมาณที่ลดลงได้

E. Costa และคณะ (2013) [26] ได้ทำการศึกษาการประยุกต์ใช้เทคนิค Single Minute Exchange of Die (SMED) ร่วมกับเครื่องมือที่ใช้ในการผลิตแบบลีน ได้แก่ 5ส, การจัดการกับงานมาตรฐาน (Standard Work) ในการลดเวลาในการปรับตั้งเครื่องกดของบริษัทลิฟท์ (โรงงานกรณีศึกษา) โดยหลังจากการดำเนินการปรับปรุงพบว่าสารถลดเวลาในการปรับตั้งจากเดิมร้อยละ 67 เป็น ร้อยละ 53 และทำให้บริษัทมีกำไรเพิ่มขึ้นประมาณ 1,628370 ยูโรต่อปี โดยการนำ 5ส และเทคนิดการจัดการกับงานมาตรฐานมาใช้งานพบว่าทำให้พื้นที่ในการทำงานมีความเป็นระเบียบเรียบร้อยมากยิ่งขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

C. Rosa และคณะ (2017) [27] ได้ทำการศึกษาการลดเวลาในการปรับตั้งสำหรับกระบวนการผลิตลวดสลิง (Cable Steel) โดยมีจุดมุ่งหมายในการลดเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรเพื่อที่จะเพิ่มกำลังผลิตและลดของเสียที่เกิดจากการปรับตั้งเครื่องมือ โดยใช้เทคนิค Single Minute Exchange of Die (SMED) และเครื่องมือที่ใช้ในการผลิตแบบลีนมาช่วยในการแก้ปัญหา ซึ่งหลังจากการปรับปรุงแก้ไขปัญหาพบว่าสามารถลดเวลาในการปรับตั้งในกระบวนการลงได้ถึงร้อยละ 58.3 และยังทำให้สามารถเพิ่มกำลังผลิตของสินค้าได้อีกด้วย

บทที่ 3
การดำเนินงานวิจัย

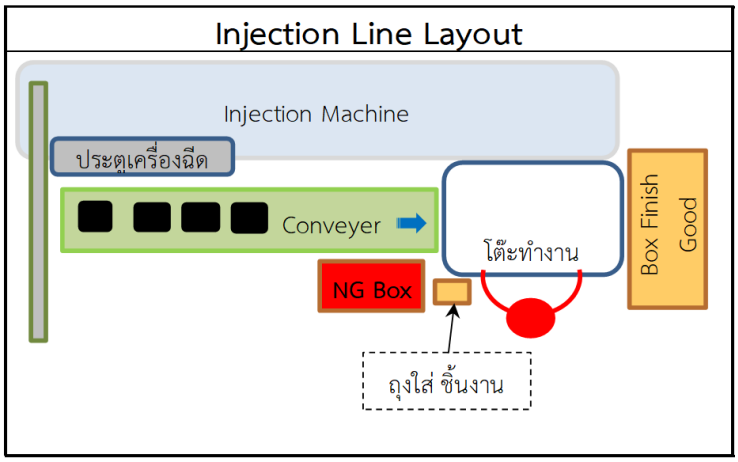
เนื้อหาในบทนี้จะเป็นการกล่าวถึงขั้นตอนการดำเนินงานการวิจัยเพื่อศึกษาการลดความสูญเสียในการปรับตั้งเครื่องจักรในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนพลาสติกในเบาะรถยนต์ เพื่อเป็นการกำหนดทิศทางของการทำงานเพื่อให้สอดคล้องกับเป้าหมายหลักของงานวิจัย โดยจะเริ่มต้นจากการศึกษากระบวนการผลิตชิ้นส่วนพลาสติก ศึกษาสภาพปัญหาในปัจจุบันที่พบในกระบวนการผลิต และจัดตั้งทีมงานเพื่อกำหนดแนวทางในการปรับปรุงและแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น

3.1 ศึกษากระบวนการฉีดชิ้นส่วนพลาสติกของโรงงานกรณีศึกษา

เพื่อให้สามารถเข้าใจถึงปัญหาที่มาจากการปรับตั้งเครื่องฉีดชิ้นงานพลาสติก และเพื่อให้สามารถวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นได้อย่างถูกต้อง ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาเครื่องฉีดพลาสติก เพื่อเป็นความรู้พื้นฐานในการวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาในขั้นตอนต่อๆ ไป

กระบวนการฉีดขึ้นรูปชิ้นงานพลาสติก

กระบวนการการฉีดขึ้นรูปชิ้นงานพลาสติก จะเริ่มต้นตั้งแต่พนักงานทำการป้อนเม็ดพลาสติกลงไปกรวยเติม (Hopper) จากนั้นเกลียวหนอนจะหมุนรอบตัวเองเพื่อดึงเอาเม็ดพลาสติกจากกรวยเติมเข้ามาในกระบอกฉีด และถูกทำให้ร้อนและหลอมเหลวภายในกระบอกฉีด โดยที่เกลียวหนอนจะเคลื่อนที่ในแนวแกนด้วยความเร็วสูงเพื่อทำการอัดพลาสติกหลอมเหลวที่อยู่หน้าปลายเกลียวหนอน พลาสติกหลอมเหลวจะไหลเข้าสู่แม่พิมพ์จนกระทั่งเต็ม และเกลียวหนอนก็ยังคงค้างอยู่ด้วยความดันที่พอเหมาะ เพื่ออัดเนื้อพลาสติกในแม่พิมพ์ให้แน่น หลังจากชิ้นงานเย็นตัวและแข็งตัวแล้ว แม่พิมพ์จะเปิดออก ตัวอิเจ็คเตอร์ (Ejector) ก็จะทำหน้าที่ดันชิ้นงานให้หลุดออกมา โดยสามารถอธิบายขั้นตอนการทำงานของพนักงานในกระบวนการฉีดชิ้นส่วนพลาสติกของโรงงานกรณีศึกษาได้ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการทำงานของพนักงานในกระบวนการฉีดชิ้นส่วนพลาสติกของโรงงานกรณีศึกษา

3.2 สภาพปัญหาปัจจุบันของโรงงานกรณีศึกษา

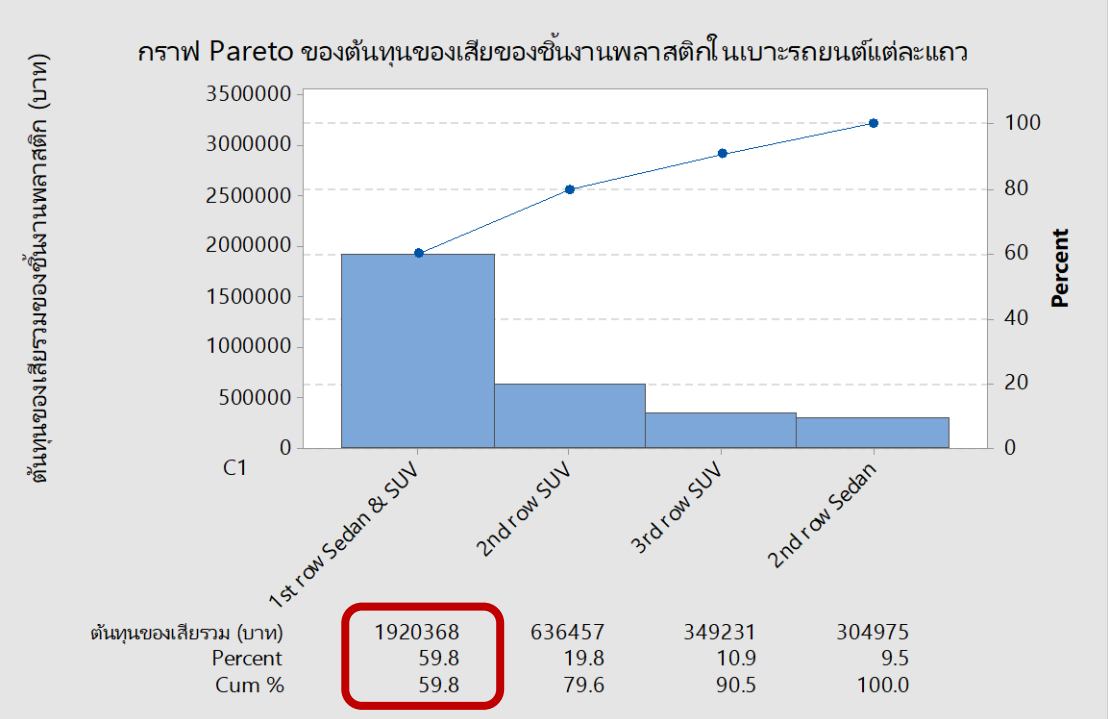
โรงงานกรณีศึกษาเป็นโรงงานผู้ผลิตชิ้นส่วนพลาสติกต่างๆ ให้กับลูกค้า โดยมีการผลิตชิ้นงานพลาสติกต่างๆ ให้กับบริษัทผลิตเบาะรถยนต์รายหนึ่ง โดยเริ่มมีการผลิตชิ้นงานจริง (Mass production) สำหรับบริษัทผู้ผลิตเบาะรถยนต์รายนี้เริ่มต้นตั้งแต่เดือนกันยายน 2562 ซึ่งแบ่งออกเป็นชิ้นงานพลาสติกสำหรับเบาะรถยนต์ 4 แถว ได้แก่

- ชิ้นงานพลาสติกสำหรับเบาะรถยนต์ในแถวหน้าหรือแถวที่ 1 (1st Front Seats) ซึ่งเป็นเบาะที่ใช้สำหรับรถยนต์ประเภท SUV และ Sedan
- ชิ้นงานพลาสติกสำหรับเบาะรถยนต์ในแถวที่ 2 ของรถยนต์ SUV (2nd SUV Rear Seat)
- ชิ้นงานพลาสติกสำหรับเบาะรถยนต์ในแถวที่ 3 ของรถยนต์ SUV (3rd SUV Rear Seat)
- ชิ้นงานพลาสติกสำหรับเบาะรถยนต์ในแถวที่ 2 ของรถยนต์ Sedan (2nd Sedan Rear Seat)

จากการศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นในโรงงานกรณีศึกษาในส่วนของการผลิตชิ้นงานพลาสติกให้กับบริษัทผู้ผลิตเบาะรถยนต์รายนี้พบว่าในช่วงเดือนกันยายน 2562 – มกราคม 2563 เกิดต้นทุนของเสียรวมของชิ้นงานพลาสติกในเบาะรถยนต์แถวหน้า (Front Seat) เกิดขึ้นมากที่สุด โดยคิดเป็นต้นทุนของเสียทั้งสิ้น 1,920,368 บาท คิดเป็นร้อยละ 59.8 ดังจะเห็นได้จากรูปที่ 3.2 ดังนั้นใน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

งานวิจัยนี้จะเลือกพิจารณาถึงปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตชิ้นงานพลาสติกสำหรับเบาะรถยนต์แถวหน้าเท่านั้น



รูปที่ 3.2 แสดงแผนภาพพาเรโตของต้นทุนของเสียของชิ้นงานพลาสติกในเบาะรถยนต์แต่ละแถว

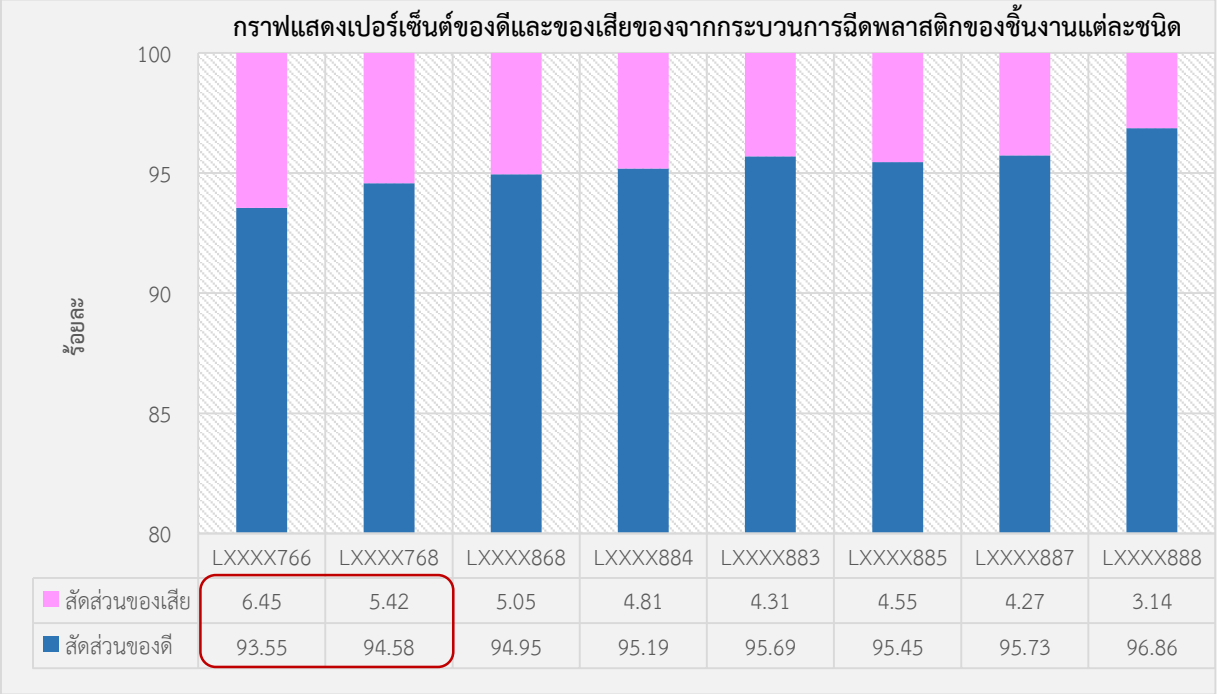
โดยเมื่อพิจารณาถึงปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตชิ้นงานพลาสติกในเบาะรถยนต์แถวหน้า (Front Seat) ซึ่งมีชิ้นงานพลาสติกทั้งหมด 8 ชนิด พบว่าเกิดของเสียขึ้นเป็นจำนวนมากและส่งผลให้เกิดการสูญเสียเวลาในการทำงานจากการปรับตั้งเครื่องฉีดพลาสติก (Injection Molding) อันเนื่องมาจากของเสียที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่เป็นของเสียที่เกิดในช่วงของการปรับตั้งเครื่องฉีดก่อนเริ่มกระบวนการการผลิตจริง โดยจะเห็นได้จากข้อมูลการผลิตตั้งแต่เดือนกันยายน 2562 ถึงเดือนมกราคม ปี 2563 ที่โรงงานกรณีศึกษาเริ่มผลิตชิ้นงานพลาสติก เพื่อส่งมอบให้กับบริษัทผู้ผลิตเบาะรถยนต์ พบว่าปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นจากชิ้นงานทั้งหมด 8 ชนิด รวมทั้งสิ้น 5,692 ชิ้น จากปริมาณการผลิตทั้งหมด 118,969 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 4.78 ดังแสดงในตารางที่ 1.1 โดยชิ้นงานทั้ง 8 ชนิดนี้มีการใช้กระบวนการผลิตแบบเดียวกันคือ การฉีดพลาสติก (Injection Molding) และมีการใช้วัสดุพอลิเมอร์ชนิดเดียวกันในการผลิต คือ PP 20% Talc Filled (PP-TX20)

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบถึงปริมาณของดีและของเสียที่เกิดขึ้นพบว่าชิ้นงานพลาสติกที่ใช้ปิดด้านหลังเบาะด้านซ้ายและด้านขวา (LXXXX766 & LXXXX768) ซึ่งปริมาณของเสียเกิดขึ้นเท่ากับ 1,303 ชิ้น (ปริมาณการผลิตทั้งสิ้น 20,213) และ1,080 ชิ้น (ปริมาณการผลิตทั้งสิ้น 19,940) โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของเสียเท่ากับ 6.45 และ 5.42 ตามลำดับ ดังรูปที่ 3.3 โดยจะเห็นได้ว่าชิ้นงานพลาสติกใช้ปิดด้านหลังเบาะด้านซ้ายและด้านขวานี้เกิดปริมาณของเสียขึ้นมากที่สุดเมื่อเทียบกับชิ้นงานพลาสติกอื่นๆ และเมื่อพิจารณาถึงข้อมูลของเสียที่เกิดขึ้นจะพบว่าของเสียที่เกิดขึ้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ช่วง คือ

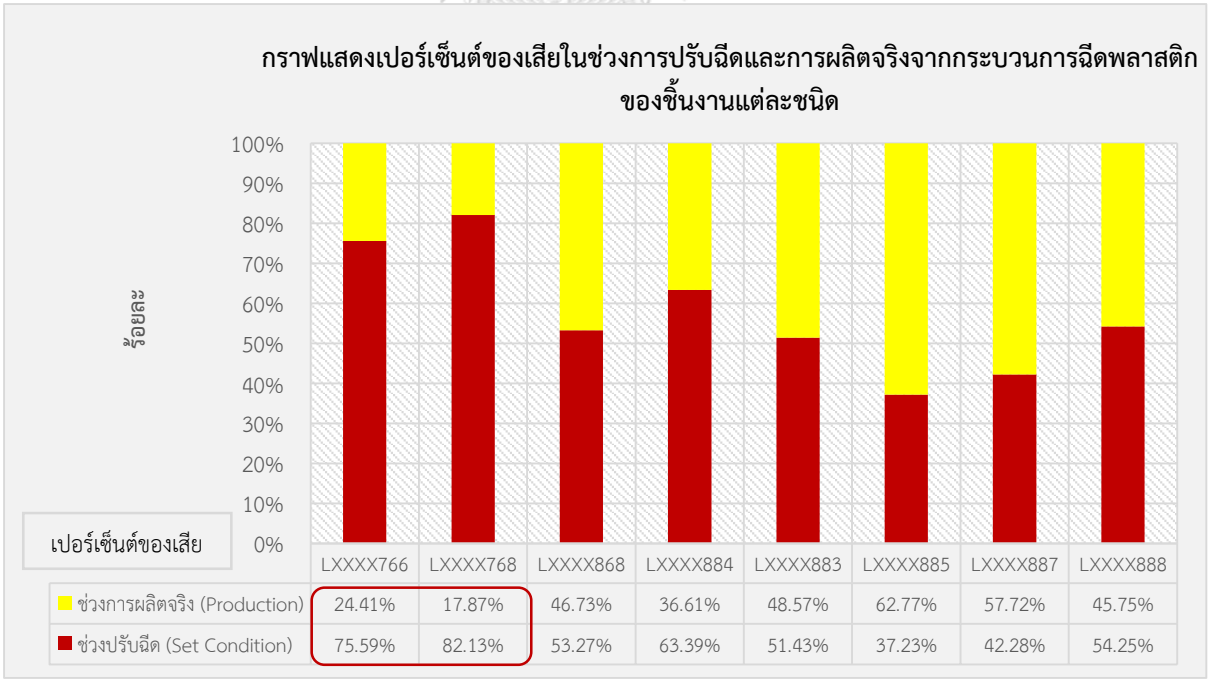
1. ของเสียซึ่งเกิดในช่วงของการปรับฉีด (Set Condition) โดยพบว่าของเสียส่วนใหญ่ที่มักเกิดขึ้นในช่วงของการปรับฉีด ได้แก่ ของเสียประเภทฉีดไม่เต็ม (Short Shot) และของเสียประเภทฟองอากาศ (Void/Bubble)
2. ของเสียซึ่งเกิดในช่วงของกระบวนการผลิตจริง (Production) ซึ่งแบ่งประเภทของเสียย่อยๆ ได้เป็น ของเสียประเภทฟองอากาศ, ของเสียประเภทฉีดไม่เต็ม, ของเสียประเภทรอยไหม้ (Burn Mark), ของเสียประเภทรอยประสาน (Weld Mark), เกิดรอยขาวที่ชิ้นงาน (White Mark), ชิ้นงานสกปรก (Dirty), เกิดรอยขีดข่วนบนชิ้นงาน (Scratch), เกิดรอยยุบ (Sink Mark), เกิดรอยมัน (Gloss) และของเสียชนิดอื่นๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

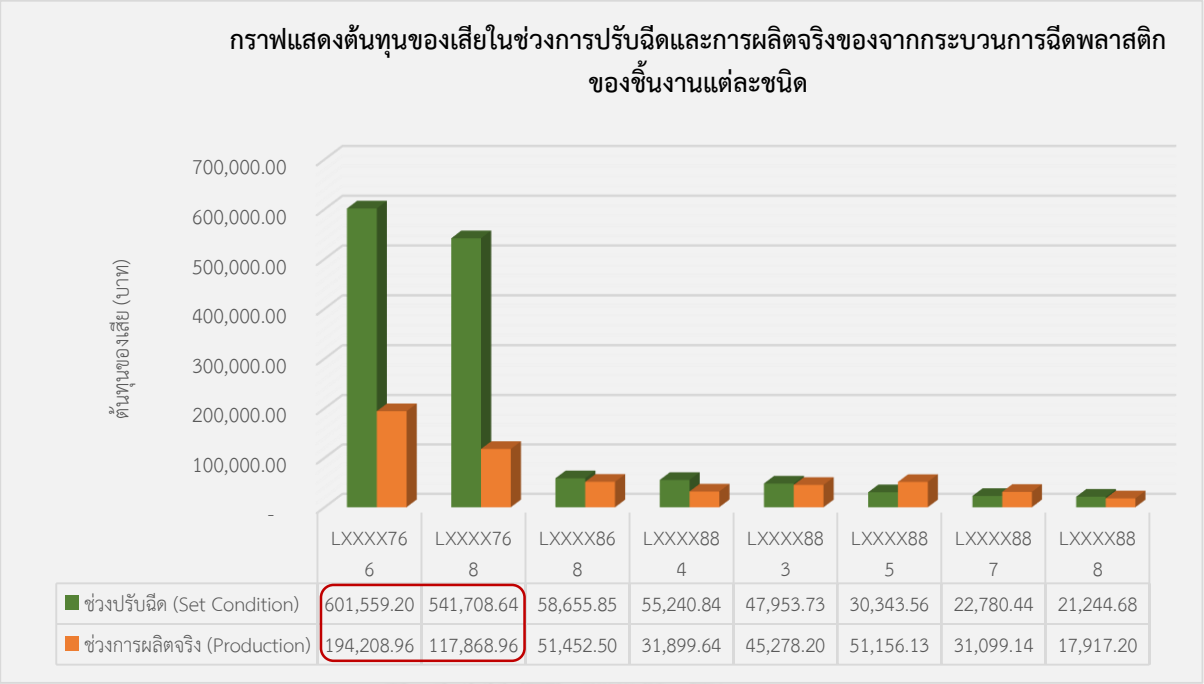
จากรูปที่ 3.4 ซึ่งแสดงถึงเปอร์เซ็นต์ของเสียในช่วงของการปรับฉีดและช่วงของกระบวนการผลิตจริง พบว่าชิ้นงานพลาสติกชนิดที่ 1-5 และ 8 มีเปอร์เซ็นต์ของเสียเกิดขึ้นในช่วงของการปรับฉีดที่มากกว่าของเสียที่เกิดขึ้นในช่วงของกระบวนการผลิตจริง



รูปที่ 3.3 แสดงกราฟเปอร์เซ็นต์ของดีและของเสียจากกระบวนการฉีดพลาสติกของชิ้นงานพลาสติกทั้ง 8 ชนิด ในช่วงเดือนกันยายน 2562 ถึงเดือนมกราคม 2563



รูปที่ 3.4 แสดงกราฟเปอร์เซ็นต์ของเสียในช่วงการปรับฉีดและการผลิตจริงจากกระบวนการฉีดพลาสติกของชิ้นงานพลาสติกทั้ง 8 ชนิด ในช่วงเดือนกันยายน 2562 ถึงเดือนมกราคม 2563

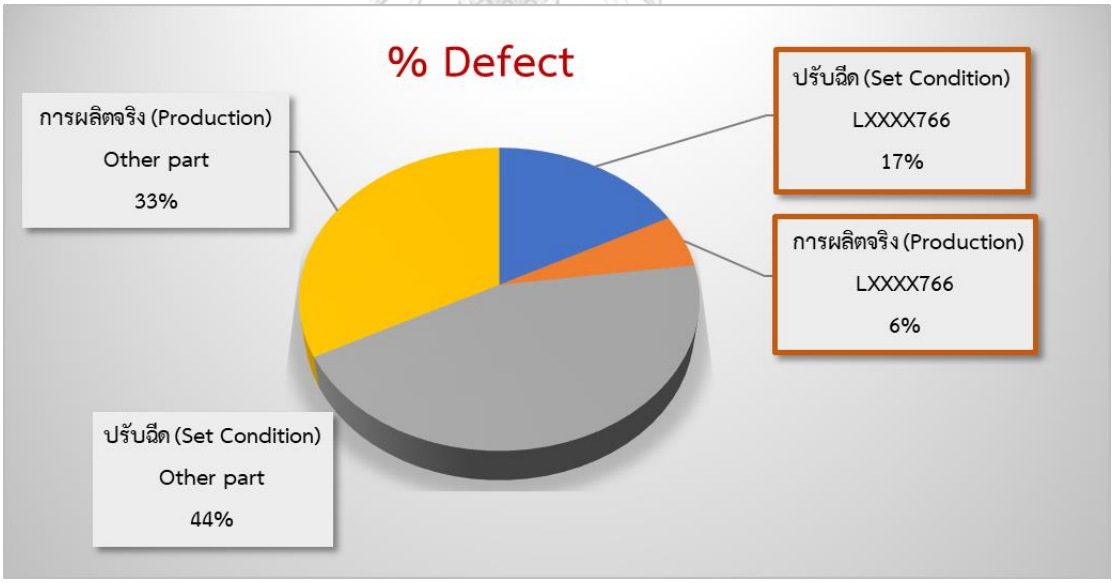


รูปที่ 3.5 แสดงกราฟต้นทุนของเสียในช่วงการปรับฉีดและการผลิตจริงของจากกระบวนการฉีดพลาสติกของชิ้นงานพลาสติกทั้ง 8 ชนิด ในช่วงเดือนกันยายน 2562 ถึงเดือนมกราคม 2563

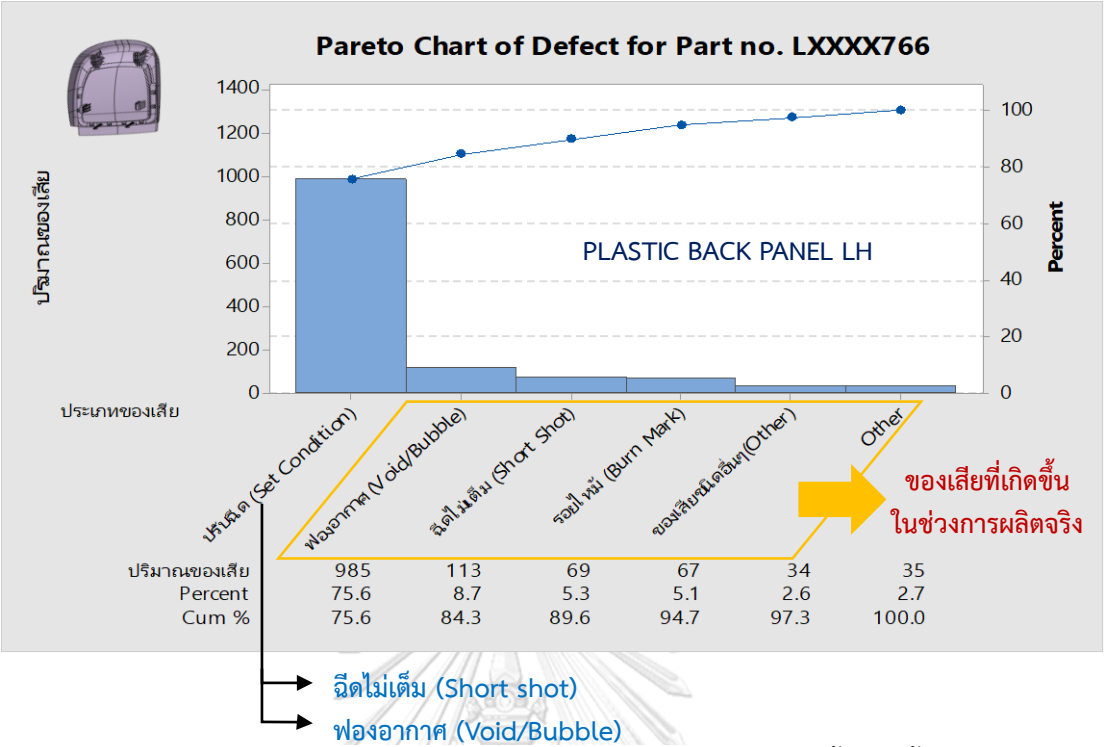
เมื่อพิจารณาในด้านความสูญเสียหรือต้นทุนของของเสียที่เกิดขึ้นดังจะเห็นได้จากรูปที่ 3.5 จะพบว่าชิ้นงานพลาสติกชนิดที่ 1-5 และชนิดที่ 8 มีต้นทุนของเสียในช่วงปรับฉีดมากกว่าต้นทุนของเสียในช่วงของการผลิตจริงซึ่งสอดคล้องกับปริมาณของเสียที่เกิดขึ้น ซึ่งชิ้นงานพลาสติกชนิดที่ 1 ซึ่งเป็นชิ้นงานพลาสติกที่ใช้ปิดด้านหลังเบาะด้านซ้าย (LXXXX766) และชิ้นงานชนิดที่ 2 ชิ้นงานพลาสติกที่ใช้ปิดด้านหลังเบาะด้านขวา (LXXXX768) ถือได้ว่ามีต้นทุนของเสียที่มากกว่าชิ้นงานชนิดอื่นๆ อันเนื่องมาจากสัดส่วนของเสียที่เกิดขึ้นมีปริมาณที่มากกว่าและยังเป็นชิ้นงานที่มีราคาสูงกว่าชิ้นงานชนิดอื่นๆ โดยชิ้นงานพลาสติกชนิดที่ 1 และ 2 นั้นเป็นชิ้นงานที่มีรูปร่างลักษณะของชิ้นงานที่สมมาตรกัน และถูกนำไปใช้งานในลักษณะเดียวกันคือใช้ประกอบกับด้านหลังของบริเวณเบาะรถยนต์ โดยเมื่อพิจารณาถึงของเสียที่เกิดขึ้นของชิ้นงานชนิดที่ 1 และ 2 นั้นพบว่ามีปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นในช่วงการปรับฉีดมากกว่าของเสียที่เกิดขึ้นในช่วงกระบวนการผลิตจริง ซึ่งเปอร์เซ็นต์ของเสียในช่วงปรับฉีดของชิ้นงานชนิดที่ 1 และ 2 คิดเป็น 75.59% และ 82.13% ตามลำดับ ดังจะเห็นได้จากกราฟดังรูปที่ 3.4 โดยเมื่อพิจารณาของเสียที่เกิดขึ้นของชิ้นงานชนิดที่ 1 เปรียบเทียบกับของเสียของชิ้นงานอื่นๆรวมกัน จะพบว่าของเสียที่เกิดขึ้นของชิ้นงานชนิดที่ 1 ในช่วงปรับฉีด (Set Condition)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คิดเป็น 17% และของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตจริงคิดเป็น 6% โดยจะพบว่าของเสียที่เกิดขึ้นของชิ้นงานที่เหลืออีก 7 ชนิด ในช่วงการปรับฉีดคิดเป็น 44% และของเสียที่เกิดขึ้นในช่วงการผลิตจริงคิดป็น 33% ดังรูปที่ 3.6 โดยเมื่อพิจารณาปริมาณของเสียในช่วงการปรับฉีดและช่วงการผลิตจริง พบว่าชิ้นงานพลาสติกส่วนใหญ่จะเกิดของเสียในช่วงของการปรับฉีดที่มากกว่าของเสียที่เกิดขึ้นในช่วงการผลิตจริง โดยปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นพบว่าชิ้นงานพลาสติกชนิดที่ 1 เกิดเปอร์เซ็นต์ของเสียขึ้นมากเมื่อเปรียบเทียบกับของเสียที่เกิดขึ้นของพลาสติกชนิดอื่นๆ รวมทั้งกระบวนการผลิต และเมื่อพิจารณาในด้านความสูญเสียหรือต้นทุนของของเสียที่เกิดขึ้นพบว่า ชิ้นงานพลาสติกชนิดที่ 1 มีต้นทุนของเสียในช่วงปรับฉีดมากกว่าต้นทุนของเสียในช่วงของการผลิตจริง ดังรูปที่ 3.5 ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณของเสียที่เกิดขึ้น และยังมีต้นทุนของเสียที่มากกว่าชิ้นงานชนิดอื่นๆ อันเนื่องมาจากของเสียที่เกิดขึ้นมีปริมาณที่มากกว่าและยังเป็นชิ้นงานที่มีราคาสูงกว่าชิ้นงานชนิดอื่นๆ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะเลือกทำการศึกษาและปรับปรุงกระบวนการฉีดชิ้นงานพลาสติกที่ใช้ปิดด้านหลังเบาะด้านซ้ายในช่วงของการปรับฉีด



รูปที่ 3.6 แสดงการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ของเสียในช่วงการปรับฉีดและการผลิตจริงของชิ้นงานพลาสติกที่ใช้ปิดด้านหลังเบาะด้านซ้าย (LXXXX766) และชิ้นงานพลาสติกอื่นๆ



รูปที่ 3.7 แสดงแผนภาพพาเรโตของปริมาณของเสียแต่ละประเภทที่เกิดขึ้นของชิ้นงานชนิดที่ 1 ชิ้นงานพลาสติกที่ใช้ปิดด้านหลังเบาะด้านซ้าย (Plastic Main Back LH : LXXXX766)

ตารางที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการเตรียมการก่อนเริ่มกระบวนการและระหว่างกระบวนการผลิตฉีดชิ้นงานพลาสติก (Injection Molding)

ลำดับที่	ขั้นตอนของกระบวนการฉีดพลาสติก (Injection Molding)	เวลาที่ใช้		
		วินาที	นาที	ชั่วโมง
1	เบิกโมลด์ (Mold)	3,000.0	50.00	0.83
2	เคลื่อนย้ายโมลด์ไปยังเครื่องที่จะทำการผลิต	360.0	6.00	0.10
3	ติดตั้งโมลด์ลงบนเครื่องฉีดพลาสติก	392.0	6.53	0.11
4	ประกอบท่อน้ำเข้ากับโมลด์	320.0	5.33	0.09
5	ทำความสะอาดด้วยสารกันสนิม	210.0	3.50	0.06
6	เบิกเม็ดพลาสติกที่ Store raw material	605.0	10.08	0.17
7	ตรวจสอบถังเติมเม็ดพลาสติก (Hopper) ต้องไม่มีพลาสติกชนิดอื่นอยู่ ถ้ามีต้องนำออกจากถัง	241.0	4.02	0.07
8	เติมเม็ดพลาสติกที่จะใช้ลงในถัง Hopper	148.0	2.47	0.04
9	ปรับไล่สกรูกระบอกฉีด เพื่อไล่น้ำพลาสติกออกให้หมด (สังเกตสีพลาสติกที่ออกมา)	117.0	1.95	0.03
10	ปรับตั้งโปรแกรมการทำงานของโมลด์	268.0	4.47	0.07

ตารางที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการเตรียมการก่อนเริ่มกระบวนการและระหว่างกระบวนการผลิตฉีดชิ้นงานพลาสติก (Injection Molding) (ต่อ)

ลำดับที่	ขั้นตอนของกระบวนการฉีดพลาสติก (Injection Molding)	เวลาที่ใช้		
		วินาที	นาที	ชั่วโมง
11	ปรับตั้งพารามิเตอร์ของเครื่องฉีด	364.0	6.07	0.10
12	ทดสอบฉีดชิ้นงาน (85 วินาทีต่อชิ้น)	1,700.0	28.33	0.47
13	ตรวจสอบสภาพของชิ้นงานที่ได้ (20 วินาทีต่อชิ้น) เทียบกับชิ้นงาน Master sample	500.0	8.33	0.14
14	ปรับพารามิเตอร์ กรณีที่ชิ้นงานยังไม่เป็นไปตาม Master sample	350.0	5.83	0.10
15	เริ่มผลิตงานจริง (85 วินาทีต่อชิ้น) : 360 ชิ้น	30,600.0	510.00	8.50
16	ตรวจสอบสภาพของชิ้นงานที่ได้ (20 วินาทีต่อชิ้น) เทียบกับชิ้นงาน Master sample : 360 ชิ้น	7,200.0	120.00	2.00
17	นำชิ้นงานบรรจุลงถุงพลาสติก (Packaging) : 360 ชิ้น	1,800.0	30.00	0.50
18	ปริ้นและแปะ Label ลงบนกล่องบรรจุชิ้นงาน (กล่อง 36 ใบ)	432.0	7.20	0.12
19	นำชิ้นงานบรรจุลงในลัง (กล่อง 1 ใบบรรจุชิ้นงาน 10 ชิ้น)	720.0	12.00	0.20
20	นำกล่องที่บรรจุชิ้นงานแล้วไปไว้ที่ Store เพื่อรอส่งมอบให้กับลูกค้า	347.0	5.78	0.10
รวมเวลาที่ใช้		**49,674.0**	**827.90**	**13.80**

ซึ่งจากตารางที่ 3.1 ในลำดับที่ 11 – 14 จะแสดงให้เห็นว่าเมื่อพิจารณาถึงปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นในระหว่างการปรับฉีด (Set Condition) นั้น จะทำให้ต้องสูญเสียเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรและปรับตั้งพารามิเตอร์ เพื่อให้ได้ชิ้นงานที่ได้คุณภาพและมีลักษณะที่เป็นไปตามที่ลูกค้ากำหนด (Master Sample) และนอกจากจะต้องใช้เวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรแล้วยังต้องสูญเสียเวลาในการตรวจสอบชิ้นงานจากทางฝ่ายคุณภาพ (Quality Control: QC) เมื่อคิดรวมระยะเวลาในการปรับตั้งพารามิเตอร์, การทดสอบฉีดชิ้นงาน,การตวจสอบชิ้นงาน รวมถึงการปรับตั้งพารามิเตอร์เพื่อให้ได้ชิ้นงานที่เป็นไปตาม Master Sample พบว่าใช้เวลาไปทั้งสิ้นประมาณ 48.57 นาที

โดยจากการตรวจสอบโรงงานกรณีศึกษานี้ พบว่าเมื่อมีปัญหาของเสียเกิดขึ้นในช่วงปรับฉีดหรือเกิดในขั้นตอนการเตรียมการก่อนเริ่มกระบวนการผลิตจริง ผู้ที่มีหน้าที่แก้ไขปัญหาเพื่อให้การผลิตดำเนินต่อไปได้อย่างราบรื่นคือผู้ปฏิบัติงาน (Operator) โดยจากการตรวจสอบเบื้องต้นพบว่าสาเหตุของการเกิดของเสียมิได้เกิดจากเครื่องจักรเสียหาย ผู้ปฏิบัติงานจึงทำการปรับตั้งพารามิเตอร์ต่างๆ เพื่อแก้ไขปัญหาภายใต้ช่วงของเงื่อนไข (Condition) ของอุณหภูมิ, ความดันและปรับพารามิเตอร์ต่างๆ ซึ่งจะสัมพันธ์กันกับวัสดุพอลิเมอร์ที่ถูกนำมาใช้ในที่นี้คือ PP 20% Talc Filled

(PP-TX20) และผู้ปฏิบัติงานจะปรับจนกว่าจะได้ชิ้นงานที่เป็นชิ้นงานดีและเป็นไปตาม Master Sample ของลูกค้า จากนั้นจึงเข้าสู่กระบวนการผลิตจริง เนื่องจากทางโรงงานกรณีศึกษายังไม่มีรูปแบบเพื่อการแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าที่เกิดขึ้น ดังนั้นผู้ปฏิบัติงานแต่ละคนอาจจะใช้วิธีการแก้ไขปัญหาที่แตกต่างกันและอาจยังไม่ตรงจุด ซึ่งทำให้ต้องสูญเสียเวลาและเกิดของเสียที่ไม่จำเป็นเกิดขึ้น จึงเป็นที่มาของแนวคิดที่จะลดความสูญเสียที่จะเกิดขึ้นในการปรับตั้งเครื่องจักรในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนพลาสติกในเบาะรถยนต์

3.3 การวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด (ข้อมูลแบบแอตทริบิวต์)

การวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัดนั้นมีวัตถุประสงค์เพื่อทำการวิเคราะห์หาความคลาดเคลื่อนของระบบการวัดในกระบวนการผลิตว่าอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้หรือไม่ เพื่อทำการคัดแยกแหล่งความแปรผันที่เกิดขึ้นบนชิ้นงาน พนักงานวัด ความแปรผันร่วม โดยระบบการวัดของโรงงานกรณีศึกษานี้จะทำการประเมินระบบการวัดเป็นแบบข้อมูลตามลักษณะหรือข้อมูลแบบแอตทริบิวต์ (Attribute Data) [11] โดยการออกแบบการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัดจะเริ่มจากการคัดเลือกชิ้นงานพลาสติกตัวอย่างมาทั้งสิ้น 30 ชิ้นงาน โดยแบ่งออกเป็นชิ้นงานที่มีคุณภาพที่ดี 10 ชิ้น , ชิ้นงานที่มีลักษณะเป็นข้อบกพร่องหรือของเสียแบบชัดเจน 10 ชิ้น และชิ้นงานที่มีลักษณะเป็นข้อบกพร่องแต่ยังไม่เป็นของเสียหรือเป็นชิ้นงานบกพร่องแบบก้ำกึ่ง (Marginal Nonconformity) จากนั้นทำการเลือกพนักงานปฏิบัติงานที่เป็นผู้ทำการผลิตชิ้นงานพลาสติกชนิดที่ 1 ทั้งในกะเช้า 1 คน และพนักงานกะบ่าย 1 คน มาทำการตรวจสอบชิ้นงานตัวอย่างที่ได้ทำการคัดเลือกมาทำการตรวจสอบอย่างสุ่ม โดยพนักงานจะทำการตรวจสอบและประเมินชิ้นงานตัวอย่างนั้นว่าผ่านหรือไม่ ในการตรวจสอบของพนักงานแต่ละคน จะต้องทำการตรวจสอบซ้ำ 2 ครั้ง โดยเมื่อผลการทดสอบสิ้นสุดลง จะทำการประเมินผลด้วยดัชนีต่างๆ ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

$$\% \text{ รีพีททะบิลิตี้ของพนักงานตรวจสอบ} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ผลการตรวจสอบเหมือนกัน}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}}$$

$$\% \text{ ความไม่ไบอัสของพนักงานตรวจสอบ} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ผลการตรวจสอบเหมือนกันและถูกต้อง}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}}$$

$$\% \text{ ประสิทธิผลด้านรีพีททะบิลิตี้} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่พนักงานทุกคนตรวจได้เหมือนกัน}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}}$$

$$\% \text{ ประสิทธิผลด้านไบอัส} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่พนักงานทุกคนตรวจได้เหมือนกันอย่างถูกต้อง}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}}$$

โดยเกณฑ์ในการยอมรับของระบบการวัดของโรงงานกรณีศึกษาเป็นไปตามเกณฑ์ดังแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 แสดงเกณฑ์ในการยอมรับของระบบการวัดของโรงงานกรณีศึกษา

ลำดับที่	ดัชนี	เกณฑ์ในการยอมรับ
1	% รีพีททะบิลิตี้ของพนักงานตรวจสอบ	100%
2	% ความไม่ไบอัสของพนักงานตรวจสอบ	100%
3	% ประสิทธิผลด้านรีพีททะบิลิตี้	100%
4	% ประสิทธิผลด้านไบอัส	100%

ตารางที่ 3.3 แสดงผลการตรวจสอบการวิเคราะห์ระบบการวัด

ชิ้นงานตัวอย่าง	คุณภาพของชิ้นงาน	พนักงานตรวจสอบคนที่ 1		พนักงานตรวจสอบคนที่ 2		พนักงานตรวจสอบได้เหมือนกันทุกครั้ง	พนักงานตรวจสอบได้เหมือนกันอย่างถูกต้อง
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2		
1	OK	OK	OK	OK	OK	Y	Y
2	OK	OK	OK	OK	OK	Y	Y
3	OK	OK	OK	OK	OK	Y	Y
4	G*	G*	G*	G*	G*	Y	Y
5	G*	G*	G*	G*	G*	Y	Y
6	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
7	OK	OK	OK	OK	OK	Y	Y
8	G*	G*	G*	G*	G*	Y	Y
9	OK	OK	OK	OK	OK	Y	Y
10	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
11	OK	OK	OK	OK	OK	Y	Y
12	OK	OK	OK	OK	OK	Y	Y
13	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
14	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
15	G*	G*	G*	G*	G*	Y	Y
16	G*	G*	G*	G*	G*	Y	Y
17	OK	OK	OK	OK	OK	Y	Y
18	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
19	G*	G*	G*	G*	G*	Y	Y
20	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
21	G*	G*	G*	G*	G*	Y	Y
22	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
23	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
24	OK	OK	OK	OK	OK	Y	Y
25	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
26	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
27	OK	OK	OK	OK	OK	Y	Y
28	G*	G*	G*	G*	G*	Y	Y
29	G*	G*	G*	G*	G*	Y	Y
30	G*	G*	G*	G*	G*	Y	Y

<u>หมายเหตุ</u> : OK หมายถึง ชิ้นงานตัวอย่างที่มีคุณภาพที่ดี

G* หมายถึง ชิ้นงานตัวอย่างที่มีลักษณะเป็นข้อบกพร่องแต่ยังไม่เป็นของเสีย

NG หมายถึง ชิ้นงานตัวอย่างที่มีลักษณะเป็นข้อบกพร่องหรือของเสียแบบชัดเจน

Y หมายถึง การตรวจสอบซ้ำหรือถูกต้อง

N หมายถึง การตรวจสอบที่ไม่ซ้ำหรือไม่ถูกต้อง

จากการทำการตรวจสอบระบบการวัดของพนักงานปฏิบัติการทั้งในกะเช้าและบ่ายทั้ง 2 คน พบว่าเปอร์เซ็นต์รีพีททะบิลิตี้ของพนักงานตรวจสอบ, เปอร์เซ็นต์ความไม่ไบอัสของพนักงานตรวจสอบ, เปอร์เซ็นต์ประสิทธิผลด้านรีพีททะบิลิตี้และเปอร์เซ็นต์ประสิทธิผลด้านไบอัส ทั้ง 4 ค่า มีค่าเท่ากับ 100% จะเห็นได้ว่าพนักงานปฏิบัติการทั้งในกะเช้าและบ่ายทั้ง 2 คน มีประสิทธิภาพและมีความน่าเชื่อถือ โดยพนักงานทั้ง 2 คนจะสามารถตรวจสอบได้เหมือนกัน (พิจารณาจากเปอร์เซ็นต์รีพีททะบิลิตี้) และมีคุณภาพที่ไม่แตกต่างกัน (พิจารณาจากเปอร์เซ็นต์ประสิทธิผลด้านรีพีททะบิลิตี้) และเมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์ความไม่ไบอัสของพนักงานตรวจสอบพบว่าพนักงานทั้ง 2 คน ไม่มีการตัดสินใจที่ผิดพลาดในการตรวจสอบชิ้นงาน สามารถสรุปได้ว่าระบบการวัดแบบข้อมูลนับในการทดสอบนี้เชื่อถือได้และสามารถนำไปใช้ในกระบวนการวัดผลจากการะบวนการที่ทำการศึกษาและแก้ไขปัญหาในขั้นตอนต่อไปได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.4 การจัดตั้งทีมคณะทำงาน

ผู้วิจัยได้ทำการจัดตั้งทีมงาน ซึ่งประกอบไปด้วยผู้ที่มีประสบการณ์ ความรู้ความเข้าใจและผู้ที่ปฏิบัติงานในกระบวนการฉีดชิ้นงานพลาสติก โดยสมาชิกในทีมทุกคนมีส่วนรับผิดชอบโดยตรงกับกระบวนการฉีดชิ้นงานพลาสติก ดังนั้นสมาชิกในทีมจะมีส่วนร่วมในการตัดสินใจ แสดงความคิดเห็นถึงประเด็นของปัญหาที่เกิดขึ้น เพื่อร่วมกันทำการปรับปรุงและแก้ไขปัญหาของงานวิจัยนี้ โดยในทีมคณะทำงานจะประกอบไปด้วย

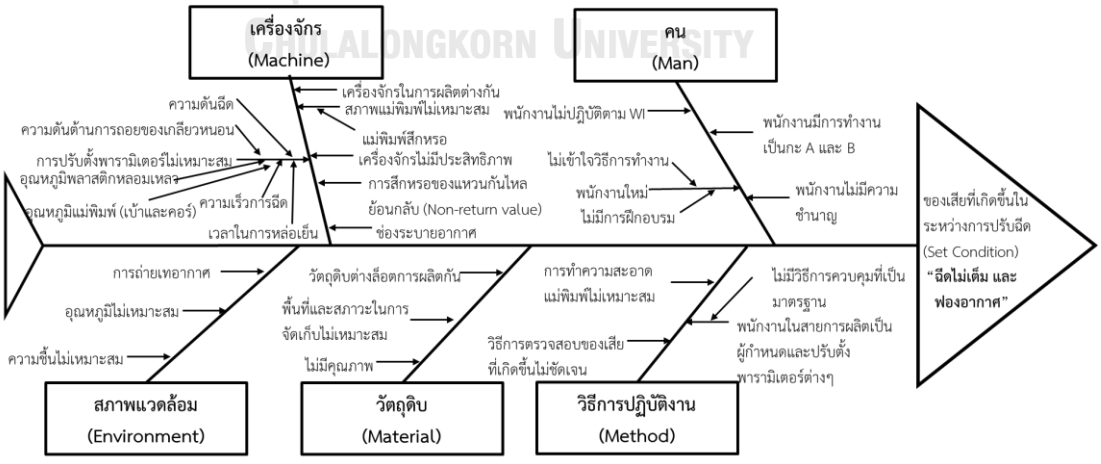
- วิศวกรผู้ควบคุมการผลิต
- วิศวกรฝ่ายวางแผนการผลิต

- วิศวกรฝ่ายซ่อมบำรุงเครื่องจักร
- หัวหน้างานควบคุมการผลิตทั้งในกะเช้าและบ่าย
- พนักงานปฏิบัติการ (Operators) ฝ่ายผลิตทั้งในกะเช้าและบ่าย
- ช่างซ่อมบำรุง
- ผู้ดำเนินงานวิจัย

3.5 การศึกษาและระดมสมองเพื่อหาสาเหตุของปัญหา

การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญาในกระบวนการฉีดชิ้นงานพลาสติกในเบาะรถยนต์โดยใช้แผนภูมิก้างปลา เพื่อระบุปัจจัยที่เป็นไปได้ที่จะส่งผลกระทบต่อการเกิดของเสียที่เกิดขึ้นในระหว่างการปรับฉีด (Set Condition) โดยการระดมสมองและรวมรวมความคิดเห็น เพื่อหาปัจจัยนำเข้าที่เป็นไปได้ จะกระทำโดยทีมคณะทำงานดังข้างต้น ซึ่งเป็นผู้ที่มีความรู้และความเข้าใจในกระบวนการฉีดพลาสติกเป็นอย่างดี โดยการกำหนดปัจจัยนำเข้าจะใช้หลักการ 5M1E อันได้แก่ ปัจจัยจากเครื่องจักร (Machine), ปัจจัยจากคน (Man), ปัจจัยจากวัตถุดิบ (Material), ปัจจัยจากวิธีการปฏิบัติงาน (Method), ปัจจัยจากการวัด (Measurement) และปัจจัยจากสิ่งแวดล้อม (Environment) ดังรูปที่ 3.8 และ 3.9 [16, 20, 21] จากนั้นทำการหาสาเหตุของแต่ละปัจจัยและทำการจัดลำดับความสำคัญของสาเหตุ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 3.8 แสดงแผนภาพก้างปลาในการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาในการเกิดของเสียประเภทฉีดไม่เต็ม (Short Shot) และฟองอากาศ (Void/Bubble) ในช่วงการปรับฉีด

3.6 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาและผลกระทบ

จากขั้นตอนการระดมสมองโดยใช้แผนภูมิก้างปลาเพื่อทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาในการเกิดของเสียประเภทฉีดไม่เต็มและฟองอากาศในช่วงของการปรับฉีด พบว่ามีสาเหตุความเป็นไปได้หรือปัจจัยที่อาจส่งผลให้เกิดของเสียดังกล่าวเกิดขึ้นหลากหลายปัจจัย ทางผู้วิจัยและคณะทำงานจะทำการค้นหาปัจจัยหลักที่จะส่งผลต่อการเกิดของเสียประเภทฉีดไม่เต็มและฟองอากาศในช่วงของการปรับฉีด โดยการนำเอาปัจจัยดังรูปที่ 3.8 มาทำการวิเคราะห์และให้คะแนนเพื่อทำการหาความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล (Cause and Effect Matrix) และกรองปัจจัยหลักต่างๆ ที่อาจส่งผลให้เกิดของเสียดังกล่าวเกิดขึ้น โดยขั้นตอนการดำเนินการมีดังนี้

1. ทำการศึกษารายละเอียดของปัจจัยที่เกี่ยวข้องทั้งหมด จากนั้นนำปัจจัยดังกล่าวมาให้คะแนนโดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนดังแสดงในตารางที่ 3.4 โดยให้คณะทำงานทุกคนลงคะแนนให้กับปัจจัยในทุกๆ ปัจจัย ซึ่งการลงคะแนนของคณะทำงานแต่ละท่านมีความเป็นอิสระต่อกัน
2. หลังจากคณะทำงานทุกคนทำการลงคะแนนครบแล้ว จะทำการรวบรวมและสรุปคะแนนในแต่ละปัจจัย โดยเกณฑ์ในการสรุปคะแนนในแต่ละปัจจัยมีดังนี้
    2.1 ในกรณีที่คะแนนมี่คณะทำงานให้ต่อปัจจัยข้อนั้นๆ เท่ากันหรืออยู่ในช่วงที่ใกล้เคียงกันจะทำการสรุปคะแนนโดยใช้คะแนนที่มีจำนวนการลงคะแนนนั้นๆ มากกว่า ยกตัวอย่างเช่น มีผู้ให้คะแนน 1 คะแนน 4 คน และมีผู้ให้คะแนน 3 คะแนน 5 คน จะทำการสรุปคะแนนที่ได้คือ 3 คะแนนสำหรับปัจจัยนั้นๆ
    2.2 ในกรณีที่คะแนนที่คณะทำงานให้ไม่เป็นไปตามแนวโน้มเดียวกันเช่น มีผู้ให้คะแนน 0 คะแนน และ 9 คะแนน สำหรับปัจจัยนั้นๆ จะทำการประชุมและหารือหลังจากการให้คะแนนเพื่อทำการสรุปคะแนนสำหรับปัจจัยนั้น
3. ทำการสรุปคะแนนทั้งหมดทุกปัจจัยแล้วทำการเรียงลำดับความสำคัญของปัจจัยตามคะแนนที่ได้รับและนำไปทำการวิเคราะห์ต่อไปผ่านการวิเคราะห์ถึงความล้มเหลวและผลกระทบ (Failure Mode and Effects Analysis : FMEA)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.4 แสดงเกณฑ์การให้คะแนนการประเมินความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผล

คะแนน	ระดับความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผล
0	ต่ำมาก หมายถึง ไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนั้นกับตัวแปรตอบสนอง (ของเสียที่เกิดขึ้น)
1	ต่ำ หมายถึง มีความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนั้นกับตัวแปรตอบสนอง (ของเสียที่เกิดขึ้น) น้อยมาก
3	ปานกลาง หมายถึง มีความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนั้นกับตัวแปรตอบสนอง (ของเสียที่เกิดขึ้น)ปานกลาง
9	สูง หมายถึง มีความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนั้นกับตัวแปรตอบสนอง (ของเสียที่เกิดขึ้น) มาก

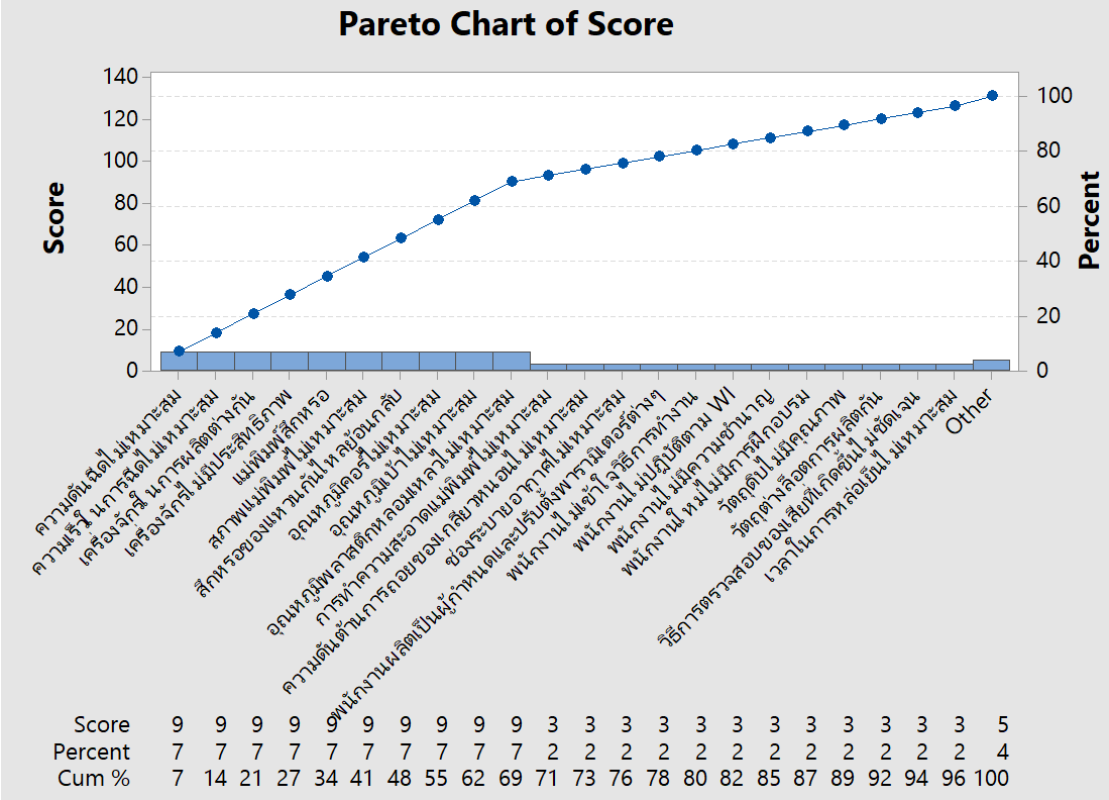
ตารางที่ 3.5 แสดงการสรุปการให้คะแนนของปัจจัยที่อาจส่งผลต่อการเกิดของเสียประเภทฉีดไม่เต็มและฟองอากาศ

ลำดับ	ปัจจัย	รายการสาเหตุและตัวแปรที่เป็นปัจจัยป้อนเข้า	ผลสรุปการให้คะแนน
1	เครื่องจักร (Machine)	ความดันฉีดไม่เหมาะสม	9
2		ความดันต้านการถอยของเกลียวหนอนไม่เหมาะสม	3
3		อุณหภูมิคอร์ไม่เหมาะสม	9
4		อุณหภูมิเบ้าไม่เหมาะสม	9
5		ความเร็วในการฉีดไม่เหมาะสม	9
6		สภาพแม่พิมพ์ไม่เหมาะสม	9
7		เครื่องจักรไม่มีประสิทธิภาพ	9
8	เครื่องจักร (Machine)	เครื่องจักรในการผลิตต่างกัน	9
9		ช่องระบายอากาศไม่เหมาะสม	3
10		อุณหภูมิพลาสติกหลอมเหลวไม่เหมาะสม	9
11		แม่พิมพ์สึกหรอ	9
12		การสึกหรอของแหวนกันไหลย้อนกลับ	9
13		เวลาในการหล่อเย็นไม่เหมาะสม	3
14	คน (Man)	พนักงานไม่ปฏิบัติตาม WI	3
15		พนักงานไม่เข้าใจวิธีการทำงาน	3
16		พนักงานใหม่ไม่มีการฝึกอบรม	3
17		พนักงานมีการทำงานเป็นกะ	1
18		พนักงานไม่มีความชำนาญ	3
19	วัตถุดิบ (Material)	วัตถุต่างล็อตการผลิตกัน	3
20		พื้นที่และสภาวะในการจัดเก็บไม่เหมาะสม	1
21		วัตถุดิบไม่มีคุณภาพ	3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.5 แสดงการสรุปการให้คะแนนของปัจจัยที่อาจส่งผลต่อการเกิดของเสียประเภทฉีดไม่เต็มและฟองอากาศ (ต่อ)

ลำดับ	ปัจจัย	รายการสาเหตุและตัวแปรที่เป็นปัจจัยป้อนเข้า	ผลสรุปการให้คะแนน
22	วิธีการปฏิบัติงาน (Method)	การทำความสะอาดแม่พิมพ์ไม่เหมาะสม	3
23		วิธีการตรวจสอบของเสียที่เกิดขึ้นไม่ชัดเจน	3
24		พนักงานในสายการผลิตเป็นผู้กำหนดและปรับตั้งพารามิเตอร์ต่างๆ	3
25	สิ่งแวดล้อม (Environment)	การถ่ายเทอากาศไม่เหมาะสม	1
26		อุณหภูมิสภาพแวดล้อมในการทำงานไม่เหมาะสม	1
27		ความชื้นไม่เหมาะสม	1



รูปที่ 3.9 แสดงแผนภาพพาเรโตแสดงลำดับคะแนนของปัจจัยนำเข้าจากความสัมพันธ์ Cause and Effect Matrix

จากรูปที่ 3.9 พบว่ามีปัจจัยหลักทั้งสิ้น 10 ปัจจัย ที่คณะทำงานให้คาดว่าจะส่งผลต่อการเกิดของเสียประเภทฉีดไม่เต็มและฟองอากาศ ซึ่งจะพบว่าปัจจัยที่เกิดขึ้นจากการใช้การประเมินความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลยังมีหลากหลายปัจจัยอยู่ ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงได้ทำการกรองปัจจัยที่ไม่น่าจะส่งผลต่อการเกิดของเสียในกระบวนการฉีดพลาสติกออก และเมื่อพิจารณาถึงสาเหตุหลักของปัญหาที่ส่งผลให้เกิดของเสียทั้ง 2 ประเภท โดยส่วนใหญ่พบว่ามาจากการปรับตั้งพารามิเตอร์ที่ไม่เหมาะสมซึ่งเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดของเสียเกิดขึ้น อันเนื่องมาจากในปัจจุบันพบว่าการผลิตชิ้นงานพลาสติกโดยกระบวนการฉีดของโรงงานกรณีศึกษาจะไม่ได้มีการกำหนดที่ชัดเจนว่าชิ้นงานชนิดนี้ต้องใช้เครื่องฉีดเดิมในการผลิตเท่านั้น นอกจากลูกค้าจะเป็นผู้กำหนดว่าชิ้นงานดังกล่าวนี้มีลักษณะที่เฉพาะเจาะจงหรือมีความเกี่ยวข้องกับในด้านความปลอดภัยซึ่งเป็นจุด Safety ดังนั้นถึงแม้จะมีการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใช้ในการปรับตั้งก่อนเริ่มกระบวนการฉีด แต่เมื่อนำค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวไปใช้กับเครื่องฉีดอีกเครื่องหนึ่งค่าดังกล่าวนี้ก็อาจจะไม่เหมาะสมต่อเครื่องนั้นๆ อันเนื่องมาจากอายุการใช้งานและความพร้อมของเครื่องและอุปกรณ์ต่างๆ มีความแตกต่างกัน ส่งผลให้เกิดของเสียเกิดขึ้นเป็นจำนวนมากในระหว่างกระบวนการปรับฉีด และเมื่อเกิดของเสียเกิดขึ้น ผู้ปฏิบัติงานหรือ Operator ก็จะทำการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เพื่อแก้ไขปัญหาภายใต้ช่วงของเงื่อนไข (Condition) ของอุณหภูมิ, ความดันและปรับพารามิเตอร์ต่างๆ ซึ่งจะสัมพันธ์กันกับวัสดุพอลิเมอร์ที่ถูกนำมาใช้ในที่นี้คือ PP 20% Talc Filled (PP-TX20) และผู้ปฏิบัติงานจะปรับจนกว่าจะได้ชิ้นงานที่เป็นชิ้นงานดีและเป็นไปตาม Master Sample ของลูกค้า ก่อนเข้าสู่กระบวนการผลิตจริง (โดยในงานวิจัยนี้จะทำการกำหนดเครื่องฉีดที่ใช้ในการปรับตั้งพารามิเตอร์ที่เครื่องฉีดหมายเลข 950-KB เท่านั้น เพื่อเป็นการลดปัญหาที่เกิดจากตัวเครื่องฉีดและอุปกรณ์ที่มีความพร้อมแตกต่างกัน) ซึ่งการผลิตของโรงงานกรณีศึกษานี้จะเป็นการผลิตตามคำสั่งซื้อของลูกค้า (Make to Order) เมื่อทางโรงงานได้รับคำสั่งซื้อจากลูกค้ามา ทางโรงงานก็จะทำการวางแผนการผลิตตามคำสั่งซื้อนั้น โดยจะทำการผลิตทั้งในกะเช้าและกะกลางคืน ซึ่งผู้ปฏิบัติงานที่แตกต่างกันนี้ ก็ส่งผลต่อเวลาที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องฉีดเมื่อมีของเสียเกิดขึ้น อันเนื่องมาจากประสบการณ์ ความรู้และความสามารถในการแก้ไขปัญหาที่แตกต่างกันของปฏิบัติงาน โดยผู้วิจัยได้รวบรวมลักษณะการแก้ไขปัญหาของผู้ปฏิบัติงานที่มักใช้ในการปรับตั้งเครื่องฉีดเมื่อพบของเสียทั้ง 2 ชนิดเกิดขึ้นดังตารางที่ 3.6

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.6 แสดงลักษณะการแก้ไขปัญหาของผู้ปฏิบัติงานที่มักใช้ในการปรับตั้งเครื่องฉีดเมื่อพบของเสียทั้ง 2 ชนิดเกิดขึ้นในช่วงการปรับฉีด

ประเภทของของเสียที่พบ	ลักษณะการแก้ไขปัญหา
ฉีดไม่เต็ม (Short shot)	- ปรับความเร็วในการฉีด - ปรับความดันในการฉีด - ปรับอุณหภูมิของแม่พิมพ์ (คอร์และเบ้า) - ปรับอุณหภูมิของพลาสติกหลอมเหลว - ปรับปริมาณของเนื้อพลาสติกหลอมเหลว
ฟองอากาศ (Void/Bubble)	- ปรับความดันในการฉีด - ปรับอุณหภูมิของแม่พิมพ์ - ปรับอุณหภูมิของพลาสติกหลอมเหลว - ปรับความเร็วในการฉีด - ปรับความดันการถอยกลับของเกลียวหนอน - ปรับเวลาในการหล่อเย็น

จากตารางข้างต้นจะเห็นได้ว่ามีการปรับตั้งพารามิเตอร์ต่างๆ มากมายเมื่อเกิดของเสียประเภทต่างๆ เกิดขึ้น เมื่อพิจารณาถึงการแก้ไขปัญหาของเสียแต่ละชนิดที่เกิดขึ้นลำดับในการปรับตั้งพารามิเตอร์ต่างๆ ก็มีความสำคัญ แต่เนื่องด้วยผู้ปฏิบัติงานในแต่ละคนก็มีความเข้าใจและประสบการณ์ที่แตกต่างกัน ซึ่งการแก้ไขปัญหาที่แตกต่างกันก็จะส่งผลต่อจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นด้วย ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะทำการหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการปรับตั้งเครื่องฉีดพลาสติกสำหรับชิ้นงานพลาสติกที่ใช้ปิดด้านหลังเบาะด้านซ้าย เพื่อที่จะลดความสูญเสียที่จะเกิดขึ้นในการปรับตั้งเครื่องฉีดในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนพลาสติกในเบาะรถยนต์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากการรวบรวมปัจจัยต่างๆ ที่จะส่งผลต่อการเกิดของเสียของชิ้นงานพลาสติกทั้ง 2 ชนิด ดังรูปที่ 3.9 แล้วนั้น นำปัจจัยทั้งหมดมาทำการวิเคราะห์ถึงความล้มเหลวและผลกระทบ (Failure Mode and Effects Analysis : FMEA) เพื่อทำการเปรียบเทียบและพิจารณาถึงอิทธิพลของปัจจัยต่างๆ เพื่อทำการนำไปสู่การวางแผนป้องกันและรักษาไว้เพื่อไม่ให้เกิดข้อบกพร่องเกิดขึ้น โดยทุกคนในทีมคณะทำงานจะร่วมกันประเมินความเสี่ยงและพิจารณาจากค่าระดับความเสี่ยง (Risk Priority Number ; RPN) ที่มีค่าระดับความเสี่ยงที่สูง เพื่อนำเอาปัจจัยนั้นๆ ไปทำการปรับตั้งหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม สำหรับปรับปรุงแก้ไขของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการฉีดพลาสติก โดยค่าระดับความเสี่ยงหรือ RPN จะสามารถหาได้จากสมการ

RPN = S x O x D

; โดยที่ค่า S คือค่าระดับความความรุนแรงของผลกระทบ (Severity ; Sev)

O คือค่าระดับโอกาสในการพบความล้มเหลวหรือเกิดปัญหา (Occurrence ; Occ)

D คือค่าระดับความสามารในการตรวจพบปัญหา (Detection ; Det)

ตารางที่ 3.7 แสดงเกณฑ์การให้คะแนนระดับความรุนแรงของผลกระทบ (Severity ; Sev) [28]

ผลกระทบ	เกณฑ์ : ระดับความรุนแรงของผลกระทบต่อกระบวนการ	ระดับ
ผลกระทบต่อความปลอดภัยและ/หรือกฎหมาย	มีผลกระทบต่อความปลอดภัยของผู้ใช้ และ/หรือขัดต่อกฎหมายโดยไม่มีการเตือนล่วงหน้า	10
	มีผลกระทบต่อความปลอดภัยของผู้ใช้ และ/หรือขัดต่อกฎหมายโดยมีการเตือนล่วงหน้า	9
ผลกระทบสูงมาก	ผลิตภัณฑ์อาจจะเสียทั้ง 100% ต้องหยุดกระบวนการผลิตหรือไม่สามารถส่งของได้เลย	8
ผลกระทบสูง	ผลิตภัณฑ์บางส่วนต้องถูกคัดแยก/กำจัดทิ้ง กระบวนการเกิดความเบี่ยงเบน รวมถึงความเร็วของการผลิตลดลง หรือต้องเพิ่มอัตรากำลัง	7
ผลกระทบปานกลาง	ผลิตภัณฑ์ 100% อาจจะต้องถูก Rework ภายหลังและตรวจสอบซ้ำ	6
	ผลิตภัณฑ์บางส่วนอาจจะต้องถูก Rework ภายหลังและตรวจสอบซ้ำ	5
ผลกระทบปานกลาง	ผลิตภัณฑ์ 100% อาจจะต้องถูก Rework ระหว่างกระบวนการ	4
	ผลิตภัณฑ์บางส่วนอาจจะต้องถูก Rework ระหว่างกระบวนการ	3
ผลกระทบเล็กน้อย	เกิดความไม่สะดวกต่อกระบวนการ การทำงานหรือผู้ปฏิบัติงาน	2
ไม่มีผลกระทบ	ไม่มีผลกระทบที่สังเกตเห็นได้	1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.8 แสดงเกณฑ์การให้คะแนนระดับโอกาสในการพบความล้มเหลวหรือเกิดปัญหา (Occurrence ; Occ) [28]

โอกาสเกิด	เกณฑ์ : จำนวนครั้งในการเกิดปัญหา	ระดับ
สูงมาก	100 ต่อ พัน หรือ 1 ใน 10	10
สูง	50 ต่อ พัน หรือ 1 ใน 20	9
	20 ต่อ พัน หรือ 1 ใน 50	8
	10 ต่อ พัน หรือ 1 ใน 100	7
ปานกลาง	2 ต่อ พัน หรือ 1 ใน 500	6
	0.5 ต่อ พัน หรือ 1 ใน 2,000	5
	0.1 ต่อ พัน หรือ 1 ใน 10,000	4
ต่ำ	0.01 ต่อ พัน หรือ 1 ใน 100,000	3
ต่ำมาก	0.001 ต่อ พัน หรือ 1 ใน 1,000,000	2
	ความล้มเหลวถูกจำกัดโดยการป้องกันและควบคุม	1

ตารางที่ 3.9 แสดงเกณฑ์การให้คะแนนระดับความสามารในการตรวจพบปัญหา (Detection ; Det)) [28]

โอกาสในการตรวจพบ	เกณฑ์ : โอกาสในการตรวจพบปัญหา	ระดับ	ความถี่ในการตรวจพบ
ไม่มีโอกาสตรวจพบ	ไม่มีการควบคุม ไม่สามารถตรวจจับหรือแยกแยะได้	10	เกือบจะเป็นไปไม่ได้
แทบจะตรวจพบไม่ได้	ข้อบกพร่อง และ/หรือสาเหตุของปัญหาไม่ง่ายในการตรวจจับ	9	เป็นไปได้ยากมาก
ปัญหาถูกตรวจจับได้ที่กระบวนการถัดไป	ข้อบกพร่องถูกตรวจจับได้ระหว่างกระบวนการโดยผู้ปฏิบัติงาน โดยตรวจสอบด้วยสายตา การสัมผัส การฟังเสียง	8	เป็นไปได้ยาก
ปัญหาถูกตรวจจับได้ที่ระหว่างกระบวนการ	ข้อบกพร่องถูกตรวจจับได้ระหว่างกระบวนการโดยผู้ปฏิบัติงาน โดยตรวจสอบด้วยสายตา การสัมผัส การฟังเสียง หรือที่กระบวนการถัดไป	7	ต่ำมาก
ปัญหาถูกตรวจจับได้ที่กระบวนการถัดไป	ข้อบกพร่องถูกตรวจจับได้ที่กระบวนการถัดไปโดยผู้ปฏิบัติงาน	6	ต่ำ
ปัญหาถูกตรวจจับได้ที่ระหว่างกระบวนการ	ข้อบกพร่องถูกตรวจจับได้ระหว่างกระบวนการโดยผู้ปฏิบัติงาน ซึ่งตรวจจับผลิตภัณฑ์ที่มีปัญหา	5	ปานกลาง

ตารางที่ 3.9 แสดงเกณฑ์การให้คะแนนระดับความสามารในการตรวจพบปัญหา (Detection ; Det)) [28] (ต่อ)

โอกาสในการตรวจพบ	**เกณฑ์ : โอกาสในการตรวจพบปัญหา**	**ระดับ**	**ความถี่ในการตรวจพบ**
ปัญหาถูกตรวจจับได้ที่กระบวนการถัดไป	ข้อบกพร่องถูกตรวจจับได้ที่กระบวนการถัดไปโดยระบบอัตโนมัติ ซึ่งจะคัดแยกผลิตภัณฑ์ที่มีปัญหา	4	ค่อนข้างสูง
ปัญหาถูกตรวจจับได้ที่ระหว่างกระบวนการ	ข้อบกพร่องตรวจจับได้ระหว่างกระบวนโดยอัตโนมัติ ซึ่งจะคัดแยกผลิตภัณฑ์ที่มีปัญหา	3	สูง
มีระบบป้องกันการเกิดปัญหา	มีระบบตรวจจับสาเหตุในระหว่างกระบวนการโดยระบบอัตโนมัติ ซึ่งจะตรวจจับความผิดปกติ	2	สูงมาก
ไม่ต้องตรวจจับ มีระบบป้องกันข้อบกพร่อง	มีระบบป้องกันสาเหตุ ซึ่งเป็นผลมาจากการออกแบบหรือผลิตภัณฑ์ที่มีปัญหาไม่สามารถเกิดขึ้นได้เพราะป้องกันไว้ตั้งแต่การออกแบบ	1	เกือบจะมีความแน่นอน

ตารางที่ 3.10 แสดงการวิเคราะห์ผลกระทบจากความผิดพลาดในกระบวนการผลิต

Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)						
ลักษณะของข้อบกพร่อง (Potential Failure Mode)	ผลกระทบของข้อบกพร่อง (Potential Efffect(s) of Failure)	Sev	สาเหตุของข้อบกพร่อง (Potential Cause(s) of Failure)	Occ	Det	RPN
ความเร็วในการฉีดไม่เหมาะสม	ของเสียประเภทฉีดไม่เต็ม	7	การปรับตั้งค่าความเร็วในการฉีดไม่เหมาะสม	5	7	245
	ของเสียประเภทฟองอากาศ					
ความดันในการฉีดไม่เหมาะสม	ของเสียประเภทฉีดไม่เต็ม	7	การปรับตั้งค่าความดันในการฉีดไม่เหมาะสม	6	7	294
	ของเสียประเภทฟองอากาศ					
อุณหภูมิเบ้าไม่เหมาะสม	ของเสียประเภทฉีดไม่เต็ม	7	การปรับตั้งค่าอุณหภูมิเบ้าไม่เหมาะสม	6	7	294
	ของเสียประเภทฟองอากาศ					
อุณหภูมิของพลาสติกหลอมเหลวไม่เหมาะสม	ของเสียประเภทฉีดไม่เต็ม	7	การปรับตั้งค่าอุณหภูมิของพลาสติกหลอมเหลวไม่เหมาะสม	6	7	294
	ของเสียประเภทฟองอากาศ					

ตารางที่ 3.10 แสดงการวิเคราะห์ผลกระทบจากความผิดพลาดในกระบวนการผลิต (ต่อ)

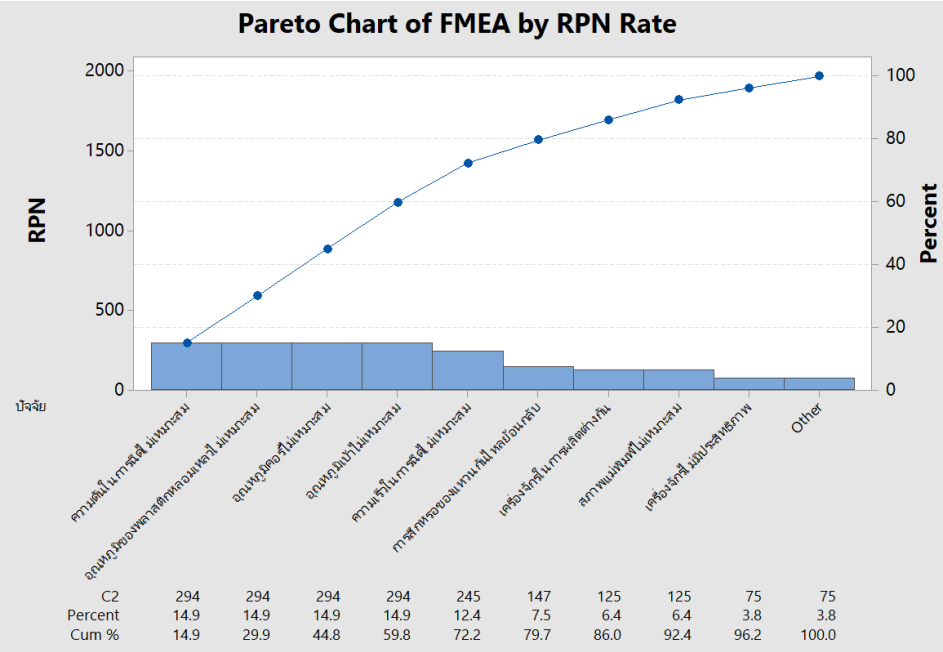
Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)						
ลักษณะของข้อบกพร่อง (Potential Failure Mode)	ผลกระทบของข้อบกพร่อง (Potential Efffect(s) of Failure)	Sev	สาเหตุของข้อบกพร่อง (Potential Cause(s) of Failure)	Occ	Det	RPN
อุณหภูมิคอร์ไม่เหมาะสม	ของเสียประเภทฉีดไม่เต็ม ของเสียประเภทฟองอากาศ	7	การปรับตั้งค่าอุณหภูมิคอร์ไม่เหมาะสม	6	7	294
สภาพแม่พิมพ์ไม่เหมาะสม	ของเสียประเภทฉีดไม่เต็ม ของเสียประเภทฟองอากาศ	5	การออกแบบแม่พิมพ์ไม่เหมาะสม, ไม่มีการตรวจสอบสภาพม่พิมพ์ก่อนการผลิต	5	5	125
เครื่องจักรไม่มีประสิทธิภาพ	ของเสียประเภทฉีดไม่เต็ม ของเสียประเภทฟองอากาศ	5	ไม่มีการตรวจสอบประสิทธิภาพของเครื่องก่อนการผลิต	3	5	75
เครื่องจักรในการผลิตต่างกัน	ของเสียประเภทฉีดไม่เต็ม ของเสียประเภทฟองอากาศ	5	ไม่มีการตรวจสอบประสิทธิภาพของเครื่องก่อนการผลิต	5	5	125
แม่พิมพ์สึกหรอ	ของเสียประเภทฉีดไม่เต็ม ของเสียประเภทฟองอากาศ	5	เกิดการสึกหรอของแม่พิมพ์ ไม่มีการตรวจสอบก่อนการผลิต	3	5	75
การสึกหรอของแหวนกันไหลย้อนกลับ	ของเสียประเภทฉีดไม่เต็ม	7	เกิดการสึกหรอของของแหวนกันไหลย้อนกลับ ไม่มีการตรวจสอบก่อนการผลิต	3	7	147

โดยเมื่อพิจารณาปัจจัยนำเข้าทั้ง 10 ปัจจัยที่คณะทำงานให้คาดว่าจะส่งผลต่อการเกิดของเสียประเภทฉีดไม่เต็มและฟองอากาศในช่วงปรับฉีด นั้นเมื่อพิจารณาทีละปัจจัยสามารถอธิบายได้ดังนี้

- ความเร็วในการฉีด หากมีการปรับความเร็วในการฉีดที่ไม่เหมาะสมจะส่งผลให้พลาสติกหลอมเหลวไหลหรือแทรกเข้าไปในแม่พิมพ์ได้ไม่ทั่วถึงส่งผลให้เกิดของเสียประเภทฉีดไม่เต็ม และความเร็วในการฉีดที่สูงขึ้นยังสามารถช่วยไล่ฟองอากาศที่เกิดขึ้นในแม่พิมพ์ได้

- ความดันในการฉีด เมื่อความดันในการฉีดพลาสติกไม่เหมาะสมจะส่งผลให้เกิดของเสียประเภทต่างๆขึ้นได้ ถ้าใช้ความดันในการฉีดที่สูงเกินไปหรือไม่เหมาะสมก็จะทำให้เกิดของเสียประเภทครีบ, รอยไหม้ และอื่นๆ แต่เมื่อความดันในการฉีดที่ต่ำเกินไปจะส่งผลให้เกิดของเสียประเภทฉีดไม่เต็มและฟองอากาศได้อันเนื่องมาจากเมื่อปรับใช้ความดันฉีดที่ต่ำจะทำให้พลาสติกหลอมเหลวไหลเข้าไปในแม่พิมพ์ได้ไม่ทั่วถึงเช่นเดียวกับการใช้ความเร็วในการฉีดที่ต่ำ
- อุณหภูมิเบ้าและอุณหภูมิคอร์ ซึ่งเป็นอุณหภูมิของน้ำที่ต่อเข้ากับแม่พิมพ์ฝั่งเบ้าและคอร์ตามลำดับ โดยเมื่อมีการปรับตั้งอุณหภูมิเหล่านี้ไม่เหมาะสมจะส่งผลให้เกิดของเสียขึ้นได้
- อุณหภูมิพลาสติกหลอมเหลว เมื่ออุณหภูมิพลาสติกหลอมเหลวเปลี่ยนแปลงก็จะทำให้คุณสมบัติของพลาสติกหลอมเหลวเปลี่ยนแปลงไปด้วย เช่น ความหนืด เอนทัลปีปริมาตรจำเพาะ โดยถ้ามีการปรับตั้งอุณหภูมิพลาสติกหลอมเหลวที่เหมาะสม โดยถ้าปรับตั้งต่ำเกินไปจะส่งผลให้พลาสติกหลอมเหลวที่ไหลเข้าไปในแม่พิมพ์มีความหนืดมากขึ้น ทำให้พลาสติกหลอมเหลวไหลได้ช้าลง ดังนั้นจึงอาจส่งผลให้เกิดของเสียขึ้นได้
- สภาพแม่พิมพ์ ถ้ามีการออกแบบแม่พิมพ์ที่ไม่เหมาะสม เช่น การมีการออกแบบขนาดและตำแหน่งของช่องระบายอากาศ (Venting) ไม่เหมาะสมหรือเพียงพอก็จะส่งผลให้เกิดของเสียขึ้นได้ ยกตัวอย่างเช่น ของเสียประเภทฉีดไม่เต็มและฟองอากาศ
- เครื่องจักร ถ้าเครื่องจักรไม่มีประสิทธิภาพ จะส่งผลให้ในการผลิตชิ้นงานต่างๆ ที่ได้จะไม่มีประสิทธิภาพตามไปด้วย เกิดเป็นของเสียเกิดขึ้น
- เครื่องจักรในการผลิตต่างเครื่องกัน โดยเครื่องจักรแต่ละเครื่องนั้นมีจะมีสเป็กเครื่องเดียวกันแต่อายุการใช้งานหรือความพร้อมในการใช้งานที่แตกต่างกัน ซึ่งจะส่งผลให้เกิดของเสียเกิดขึ้นได้แตกต่างกัน
- แม่พิมพ์สึกหรอ ถ้าแม่พิมพ์เกิดการสึกหรอ อาจส่งให้การผลิตผลิตภัณฑ์ต่างๆที่ได้เกิดของเสียเกิดขึ้น
- การสึกหรอของแหวนไหลย้อนกลับ อาจเกิดขึ้นได้เนื่องจากการเสียดสีกับผิวด้านในของกระบอกฉีด โดยเมื่อตัวแหวนเกิดการสึกหรอเกิดขึ้น จะทำให้ความดันในการฉีดลดลง และเนื้อพลาสติกที่ฉีดได้ก็จะน้อยลงไปด้วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 3.10 แสดงแผนภาพพาเรโตเรียงลำดับปัจจัยตามค่า RPN

จากการประเมินคะแนน RPN ในตารางที่ 3.10 และแผนภาพพาเรโตในรูปที่ 3.10 จะพบว่าพารามิเตอร์ที่เป็นสาเหตุหลักซึ่งก่อให้เกิดของเสียประเภทฉีดไม่เต็มและฟองอากาศในกระบวนการฉีดชิ้นงานพลาสติกในช่วงการปรับฉีดมีทั้งสิ้น 4 พารามิเตอร์ โดยพิจารณาจากคะแนน RPN ของพารามิเตอร์ที่มีค่าตั้งแต่ 250 ขึ้นไป ได้แก่

1. ความดันในการฉีด (Injection Pressure)
2. อุณหภูมิคอร์ (Core Temperature)
3. อุณหภูมิเบ้า (Cavity Temperature)
4. อุณหภูมิของพลาสติกหลอมเหลว (Melt Temperature)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.7 การออกแบบการทดลอง (Design Experiment)

การออกแบบการทดลอง (Design of Experiments ; DOE) แบบแฟคทรอเรียล [15] เพื่อทำการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการฉีดชิ้นงานพลาสติกที่ใช้ปิดหลังเบาะด้านซ้าย โดยทำการกำหนดปัจจัยทั้งสิ้น 4 ปัจจัย ได้แก่

1. ความดันในการฉีด (Injection Pressure)
2. อุณหภูมิคอร์ (Core Temperature)
3. อุณหภูมิเบ้า (Cavity Temperature)
4. อุณหภูมิของพลาสติกหลอมเหลว (Melt Temperature)

ซึ่งการกำหนดระดับปัยจัยในการทดลองพิจารณา จากเอกสารสมบัติทางกายภาพของวัตถุดิบ (Material Properties) พิจารณาประกอบกับคำแนะนำในการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์จากหนังสืองานฉีดพลาสติก [16] โดยในแต่ละปัจจัยประกอบด้วย 2 ระดับ ซึ่งระดับของปัจจัยผันแปรที่นำมาใช้ในการออกแบบการทดลองจะกำหนดจากสภาพการผลิตจริงในปัจจุบันที่สามารถทำได้โดยไม่กระทบต่อต้นทุนของเสียที่จะเกิดขึ้น และทำการทดลอง 2 เรพลิเคต ดังแสดงในตารางที่ 3.11 โดยตัวแปรตอบสนองของงานวิจัยนี้มี 2 ตัวแปรตอบสนองได้แก่ ปริมาณของเสียประเภทฉีดไม่เต็มและปริมาณของเสียประเภทฟองอากาศที่เกิดขึ้นในช่วงการปรับฉีด

โดยการเลือกปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ได้แก่ ความดันในการฉีด กำหนดเป็น 2 ระดับ คือ 100 และ 105 kg/cm^2 เพื่อศึกษาแนวโน้มของความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้น โดยในปัจจุบันทางโรงงานกรณีศึกษามีการใช้ความดันในการฉีดที่ 100 kg/cm^2, อุณหภูมิคอร์ กำหนดเป็น 2 ระดับ คือ 20 และ 25℃ โดยปัจจุบันทางโรงงานกรณีศึกษามีการใช้อุณหภูมิคอร์ที่ 20℃, อุณหภูมิเบ้า กำหนดเป็น 2 ระดับ คือ 55 และ 60℃ โดยปัจจุบันทางโรงงานกรณีศึกษามีการใช้อุณหภูมิคอร์ที่ 60℃ โดยส่วนใหญ่แล้วการฉีดพลาสติกโดยทั่วไปจะใช้อุณหภูมิคอร์และเบ้าที่ใกล้เคียงกัน แต่เนื่องจากในตอนช่วงเริ่มต้นของการผลิตชิ้นงานพลาสติกปิดด้านหลังเบาะด้านซ้าย ทางโรงงานชิ้นงานที่ฉีดได้เกิดการโก่งตัว (Wrapage) ในชิ้นงานฝั่งแม่พิมพ์คอร์ ดังนั้นทางโรงงานกรณีศึกษาจึงทำการใช้อุณหภูมิคอร์ที่ต่ำกว่าเพื่อลดปัญหาดังกล่าวที่เกิดขึ้น แต่ค่าที่ใช้ยังอยู่ในช่วงอุณหภูมิที่เอกสารสมบัติทางกายภาพของวัตถุดิบกำหนด คือ 20 – 60℃ และอุณหภูมิพลาสติกหลอมเหลว กำหนดเป็น 2 ระดับ คือ 220 และ 230℃ โดยปัจจุบันทางโรงงานกรณีศึกษามีการใช้อุณหภูมิพลาสติกหลอมเหลว ที่ 220℃

ตารางที่ 3.11 แสดงปัจจัยและค่าที่ใช้ในการดำเนินการทดลอง

ปัจจัย	หน่วย	สัญลักษณ์	ระดับปัจจัย	
			ต่ำ	สูง
ความดันในการฉีด	kg/cm^2	Injection Pres.	100	105
อุณหภูมิคอร์	℃	Core Temp.	20	25
อุณหภูมิเบ้า	℃	Cavity Temp.	55	60
อุณหภูมิของพลาสติกหลอมเหลว	℃	Melt Temp.	220	230

ตารางที่ 3.12 แสดงการออกแบบการทดลอง

Run	**ความดันในการฉีด (Kg/cm^2) : Injection Pres.**	**อุณหภูมิคอร์ (°C) : Core Temp.**	**อุณหภูมิเบ้า (°C) : Cavity Temp.**	**อุณหภูมิพลาสติกหลอมเหลว (°C) : Melt Temp.**
1	105	20	55	230
2	100	25	60	230
3	105	20	55	230
4	105	25	55	220
5	100	20	55	230
6	105	25	60	230
7	100	20	55	220
8	100	25	55	230
9	105	20	55	220
10	100	20	60	230
11	100	20	60	230
12	105	20	60	230
13	100	25	60	220
14	105	25	60	220
15	105	20	60	220
16	105	25	60	230
17	105	20	60	230
18	100	20	60	220
19	100	20	55	230
20	100	25	55	220

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.12 แสดงการออกแบบการทดลอง (ต่อ)

Run	ความดันในการฉีด (Kg/cm^2) : Injection Pres.	อุณหภูมิคอร์ (°C) : Core Temp.	อุณหภูมิเบ้า (°C) : Cavity Temp.	อุณหภูมิพลาสติกหลอมเหลว (°C) : Melt Temp.
21	100	20	55	220
22	100	25	55	220
23	105	25	55	230
24	105	25	55	220
25	100	25	55	230
26	105	20	60	220
27	105	20	55	220
28	100	25	60	230
29	105	25	55	230
30	100	25	60	220
31	100	20	60	220
32	105	25	60	220

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

เนื้อหาในบทนี้จะป็นการกล่าวถึงผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง โดยทำการวิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดของเสียจากกระบวนการฉีดพลาสติกประเภทฉีดไม่เต็มและฟองอากาศนั้นมี 4 ปัจจัย ได้แก่ ความดันในการฉีด, อุณหภูมิคอร์, อุณหภูมิเบ้าและอุณหภูมิของพลาสติกหลอมเหลว เมื่อทำการทดลองโดยใช้การออกแบบการทดลองเชิงแฟคทรอเรียล ของเสียที่เกิดขึ้นจากการทดลองมีผลดังต่อไปนี้

4.1 ผลการทดลอง

ในงานวิจัยนี้สนใจถึงปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการฉีดพลาสติกในช่วงปรับฉีดของชิ้นงานพลาสติกปิดด้านหลังเบาะข้างซ้าย โดยหลังจากทำการทดลองปรับตั้งค่าพารามิเตอร์หรือปัจจัยทั้ง 4 ปัจจัย และทำการเก็บข้อมูลตามลำดับแบบสุ่ม (Random Order) ซึ่งในงานวิจัยนี้มีจำนวนการทดลองทั้งสิ้น 32 การทดลอง โดยมีการทดลองซ้ำ (Replicates) 2 ครั้ง โดยผลการทดลองที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดลอง

Std Order	Run	Injection Pres. (Kg/cm^2)	Core Temp. (°C)	Cavity Temp. (°C)	Melt Temp. (°C)	จำนวนของเสียในช่วงการปรับฉีด (ชิ้น)				
						ประเภทฉีดไม่เต็ม	ประเภทฟองอากาศ	เกิดทั้งฉีดไม่เต็มและฟองอากาศ	ไหลเกินขอบ	ตำหนิอื่นๆ
26	1	105	20	55	230	17	6	6	2	19
31	2	100	25	60	230	14	14	13	1	16
10	3	105	20	55	230	16	6	6	2	18
4	4	105	25	55	220	20	14	13	0	21
25	5	100	20	55	230	28	20	20	0	28

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดลอง (ต่อ)

Std Order	Run	Injection Pres. (Kg/cm^2)	Core Temp. (°C)	Cavity Temp. (°C)	Melt Temp. (°C)	จำนวนของเสียในช่วงการปรับฉีด (ชิ้น)				
						ประเภทฉีดไม่เต็ม	ประเภทฟองอากาศ	เกิดทั้งฉีดไม่เต็มและฟองอากาศ	ประเภทอื่นๆ	รวมทั้งหมด
32	6	105	25	60	230	5	4	4	2	7
17	7	100	20	55	220	42	31	30	0	43
27	8	100	25	55	230	25	19	19	0	25
18	9	105	20	55	220	22	15	15	1	23
29	10	100	20	60	230	12	12	10	0	14
13	11	100	20	60	230	14	16	14	0	16
14	12	105	20	60	230	4	2	1	2	7
23	13	100	25	60	220	32	22	22	0	32
8	14	105	25	60	220	11	10	10	2	13
6	15	105	20	60	220	13	11	10	0	14
16	16	105	25	60	230	5	3	3	1	6
30	17	105	20	60	230	6	2	1	1	8
21	18	100	20	60	220	32	24	24	0	32
9	19	100	20	55	230	30	18	18	0	30
3	20	100	25	55	220	42	32	31	0	43
1	21	100	20	55	220	40	32	30	0	41
19	22	100	25	55	220	39	29	29	0	39
12	23	105	25	55	230	16	7	7	3	19
20	24	105	25	55	220	25	17	17	1	26
11	25	100	25	55	230	28	20	19	0	29
22	26	105	20	60	220	10	8	8	2	12
2	27	105	20	55	220	23	17	16	0	24
15	28	100	25	60	230	15	15	14	0	16
28	29	105	25	55	230	14	8	8	2	16
7	30	100	25	60	220	33	23	23	0	33
5	31	100	20	60	220	35	27	27	0	35
24	32	105	25	60	220	9	11	9	0	11

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หมายเหตุ : เกิดทั้งฉีดไม่เต็มและฟองอากาศ หมายถึง ชิ้นงานพลาสติกที่เกิดของเสียทั้งประเภทฉีดไม่เต็มและฟองอากาศภายในชิ้นงานชิ้นเดียวกัน

4.2 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

ก่อนทำการวิเคราะห์ผลการทดลอง จะทำการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง โดยการตรวจสอบข้อมูลที่ได้จากการทดลองว่ามีการกระจายตัวแบบปกติตามสมมติฐานหรือไม่ หลังจากวิเคราะห์ความถูกต้องของแบบจำลองเรียบร้อยแล้วจะทำการวิเคราะห์ผลการทดลองเพื่อหาปัจจัยนำเข้าที่มีนัยสำคัญต่อไป

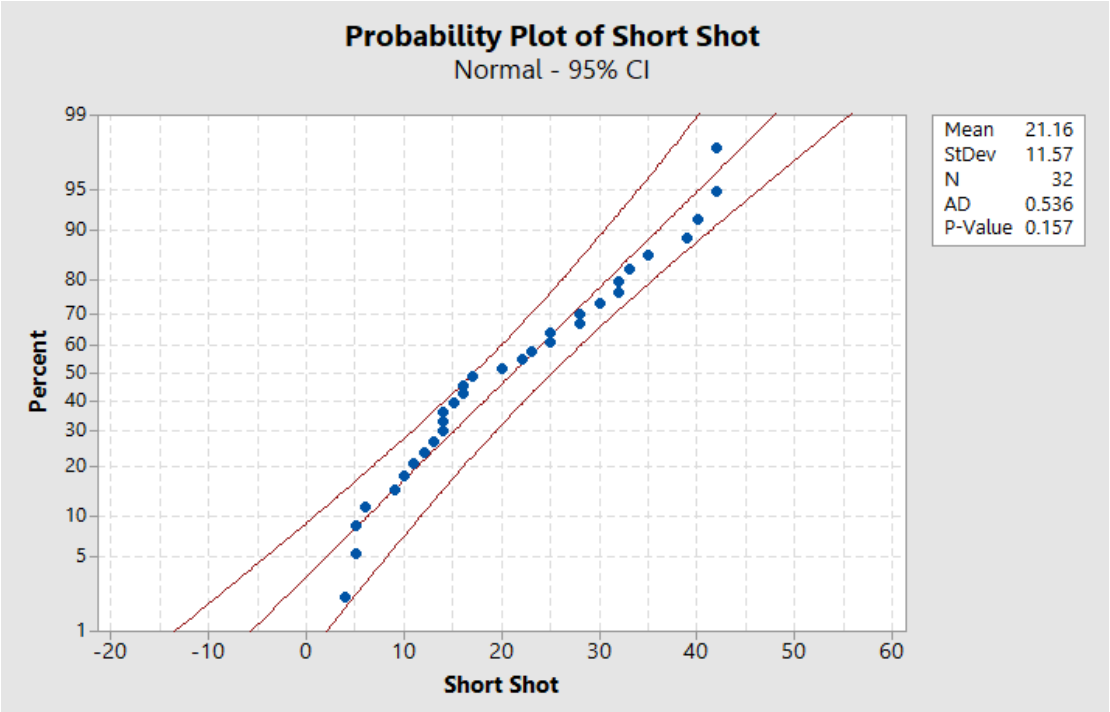
4.2.1 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองของตัวแปรตอบสนองคือปริมาณของเสียประเภทฉีดไม่เต็มที่เกิดขึ้นในช่วงปรับฉีด

โดยการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองประกอบด้วยการทดสอบข้อกำหนดเกี่ยวกับความคลาดเคลื่อนของการทดลองโดยทำการตรวจสอบความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของข้อมูลก่อนที่จะนำมาวิเคราะห์ โดยทำการตรวจสอบว่าข้อมูลมีรูปแบบของความผิดพลาดเป็นไปตามหลักการ NID $(0,\sigma^2)$ โดยจะทำการทดสอบข้อสมมติฐาน 3 ข้อ ได้แก่

1. การทดสอบสมมติฐานของการแจกแจงปกติ (Normality Test)

โดยสามารถตรวจสอบโดยการพิจารณาจาก Normal Probability Plot ว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ (Normal Probability) หรือไม่ จากการทดสอบค่าตัวแปรตอบสนองคือปริมาณของเสียประเภทฉีดไม่เต็มที่เกิดขึ้นในช่วงการปรับฉีด ดังรูปที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าการกระจายตัวของส่วนตกค้าง (Residual) มีการกระจายตัวแบบปกติ คือมีการกระจายตัวตามแนวเส้นตรงหรือแนวโน้มใกล้เคียงกับเส้นตรง และพบว่ามีค่า P-value เท่ากับ 0.157 ซึ่งมากกว่า 0.05 ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าข้อมูลชุดนี้มีการแจกแจงแบบปกติและเป็นข้อมูลที่เชื่อถือได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

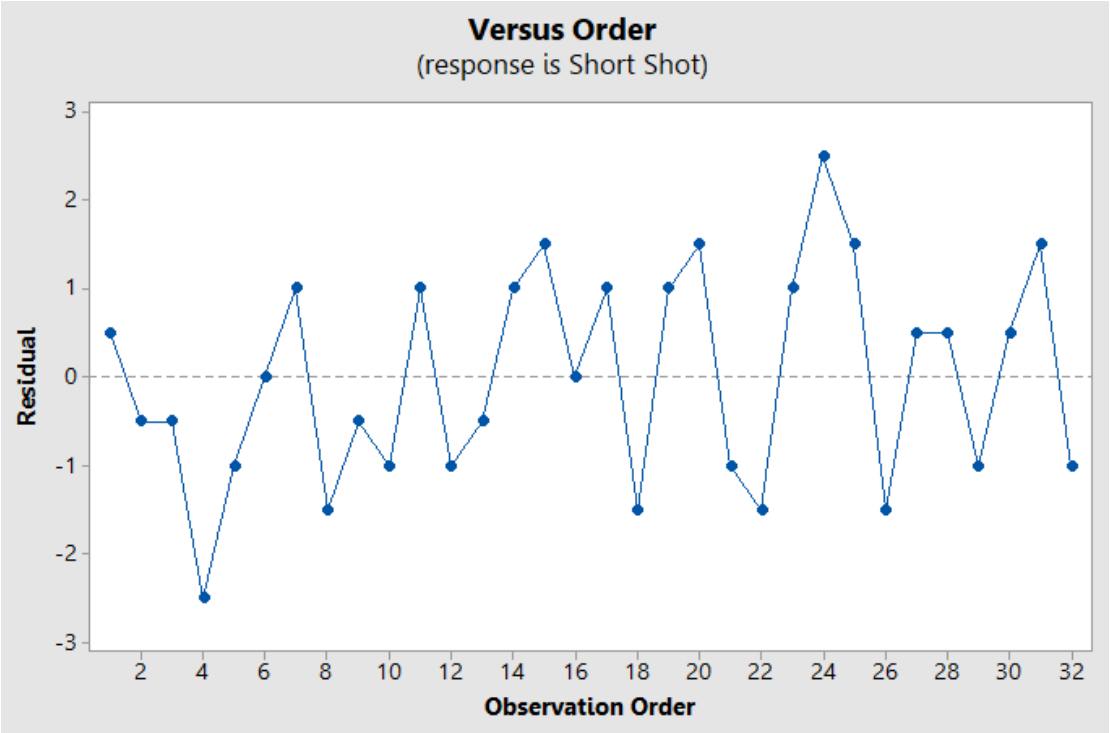


รูปที่ 4.1 แสดงการทดสอบการแจกแจงปกติของผลการทดลองปริมาณของเสียประเภทฉีดไม่เต็มที่เกิดขึ้นในช่วงปรับฉีด

2. การทดสอบสมมติฐานของความเป็นอิสระของข้อมูล (Independence of Residual)

โดยการทดสอบสมมติฐานของความเป็นอิสระของข้อมูลจะสามารถดูได้จากกราฟ Residual Versus Observation Order โดยกราฟนี้จะแสดงให้เห็นถึงการกระจายตัวของส่วนตกค้าง ดังรูปที่ 4.2 จะพบว่ากราฟ Residual Versus Observation Order ของค่าตัวแปรตอบสนองคือปริมาณของเสียประเภทฉีดไม่เต็มนั้น มีลักษณะการกระจายตัวแบบเป็นอิสระ ไม่มีลักษณะเป็นแนวโน้มหรือรูปร่างที่แน่นอน จึงสามารถสรุปได้ว่าข้อมูลชุดนี้มีความเป็นอิสระต่อกัน

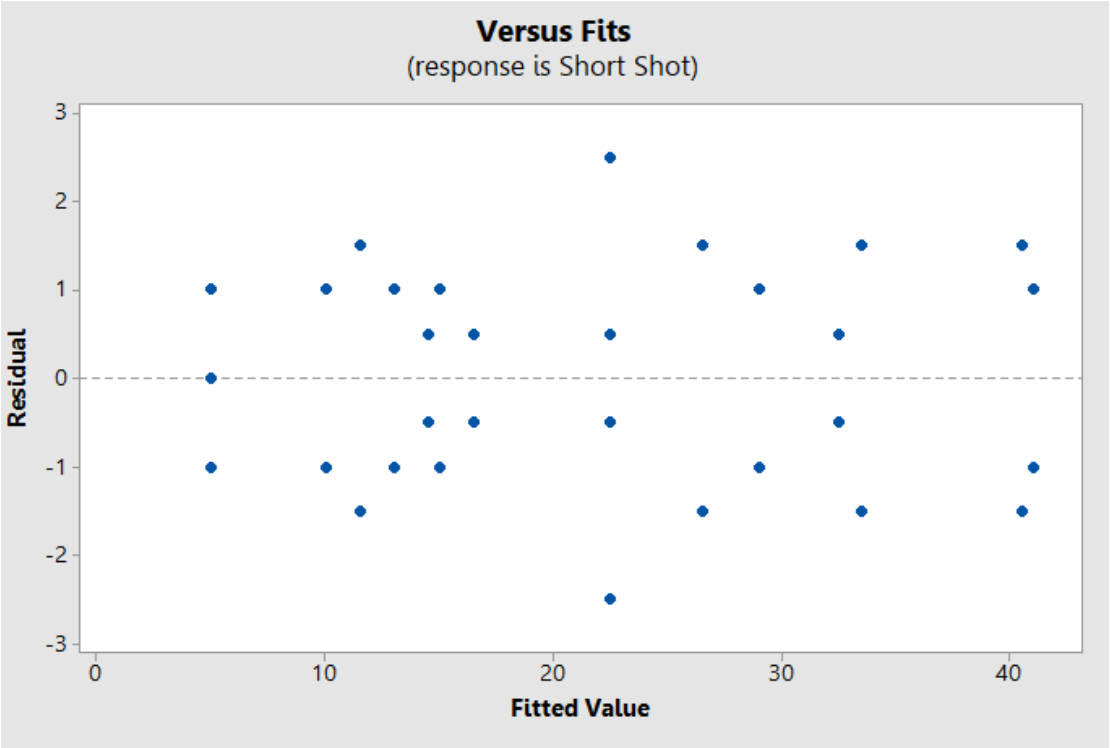
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 4.2 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างและลำดับของการเก็บข้อมูลในการทดลองของของเสียประเภทฉีดไม่เต็ม

3. การทดสอบสมมติฐานของความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน (Variant Stability)

โดยการทดสอบสมมติฐานของความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน (Variant Stability) สามารถตรวจสอบได้โดยการพิจารณาจากแผนภาพการกระจายที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างและค่าที่ถูกฟิต (Fitted Value) จากรูปที่ 4.3 จะเห็นได้ว่าข้อมูลไม่มีลักษณะการกระจายตัวที่เป็นแนวโน้มหรือรูปแบบที่คล้ายกรวยปากเปิดหรือปากปิด จึงสามารถสรุปได้ว่าข้อมูลชุดนี้มีค่าความแปรปรวนมีค่าคงที่ค่าหนึ่ง



รูปที่ 4.3 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างและค่าที่ถูกฟิตในการทดลองของของเสียประเภทฉีดไม่เต็ม

จากการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแปรตอบสนองคือปริมาณของเสียประเภทฉีดไม่เต็มที่เกิดขึ้นในช่วงปรับฉีด สามารถสรุปได้ว่าข้อมูลที่จะนำมาทำการวิเคราะห์ผลการทดลองเป็นไปตามสมมติฐานที่กำหนดทั้ง 3 ข้อ คือมีการกระจายตัวแบบปกติ, มีความเป็นอิสระต่อกัน และมีความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน ดังนั้นข้อมูลชุดนี้เป็นข้อมูลที่เชื่อถือได้และสามารถนำไปทำการวิเคราะห์ผลการทดลองในขั้นตอนต่อไปได้

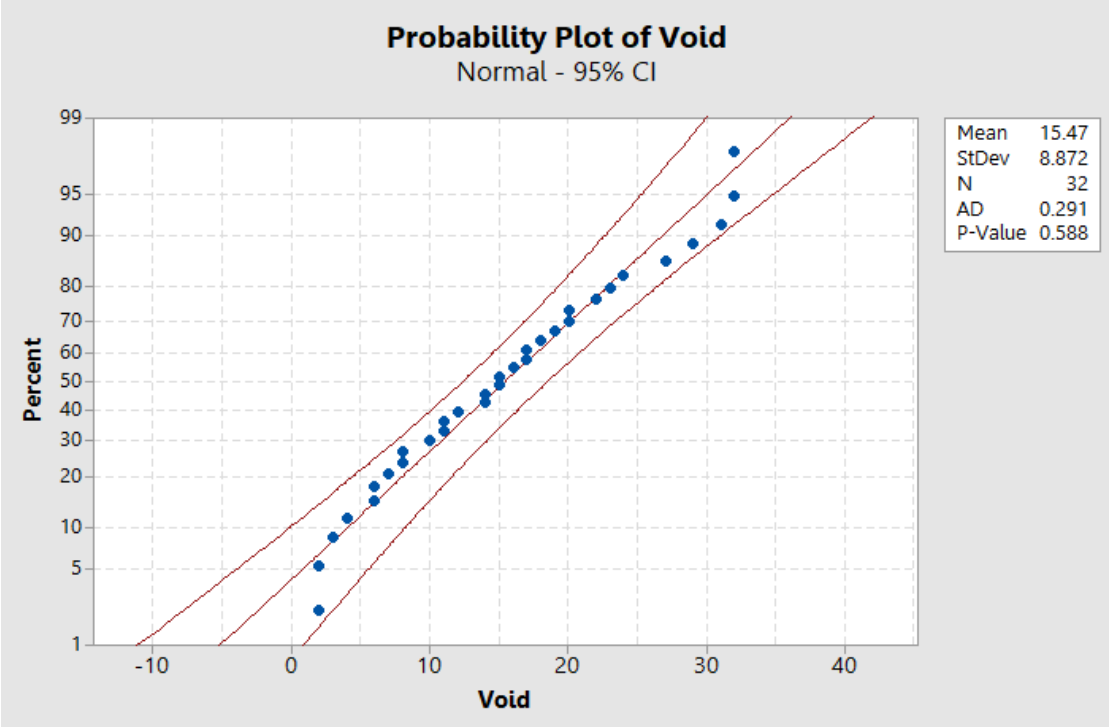
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.2.2 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองของตัวแปรตอบสนองคือปริมาณของเสียประเภทฟองอากาศที่เกิดขึ้นในช่วงปรับฉีด

โดยทำการตรวจสอบความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของข้อมูลโดยทำการการทดสอบข้อสมมติฐาน 3 ข้อ ดังต่อไปนี้

1. การทดสอบสมมติฐานของการแจกแจงปกติ (Normality Test)

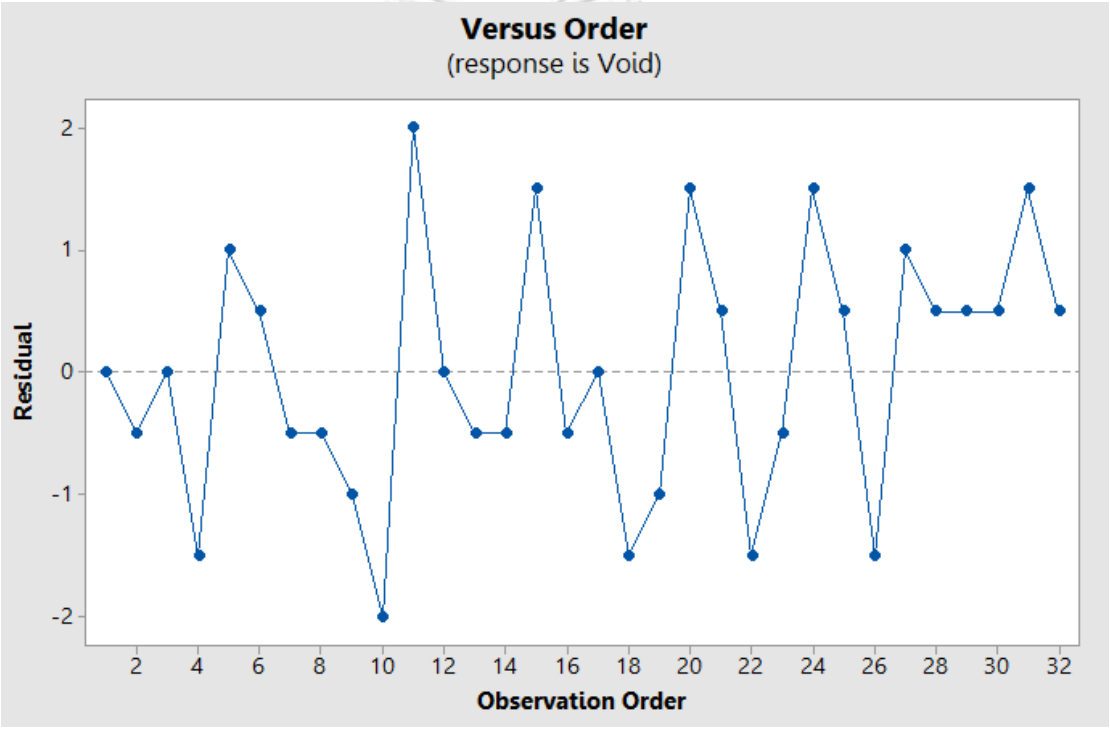
การทดสอบสมมติฐานของการแจกแจงปกติ (Normality Test) ว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ (Normal Probability) หรือไม่ จากการทดสอบค่าตัวแปรตอบสนองคือปริมาณของเสียประเภทฟองอากาศที่เกิดขึ้นในช่วงปรับฉีด ดังรูปที่ 4.4 จะเห็นได้ว่าการกระจายตัวของส่วนตกค้าง (Residual) มีการกระจายตัวแบบปกติ คือมีการกระจายตัวตามแนวเส้นตรงหรือแนวโน้มใกล้เคียงกับเส้นตรง และมีค่า P-value เท่ากับ 0.588 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าข้อมูลชุดนี้มีการแจกแจงแบบปกติและเป็นข้อมูลที่เชื่อถือได้



รูปที่ 4.4 แสดงการทดสอบการแจกแจงปกติของผลการทดลองปริมาณของเสียประเภทฟองอากาศที่เกิดขึ้นในช่วงปรับฉีด

2. การทดสอบสมมติฐานของความเป็นอิสระของข้อมูล (Independence of Residual)

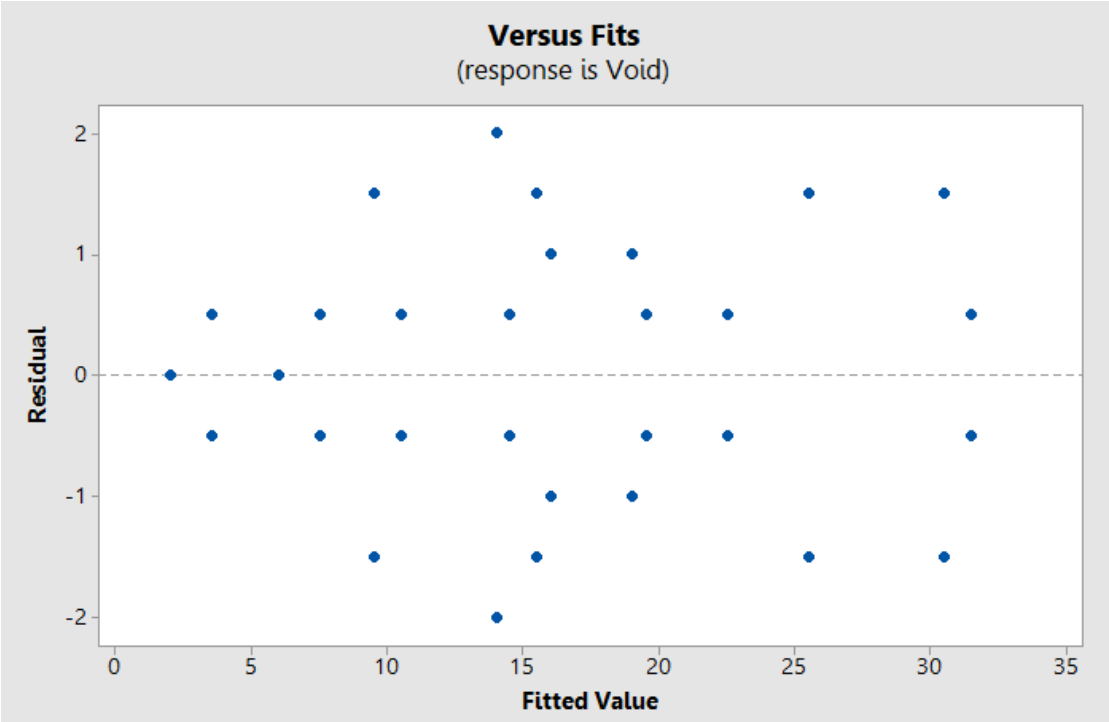
โดยการทดสอบสมมติฐานของความเป็นอิสระของข้อมูลจะสามารถดูได้จากกราฟ Residual Versus Observation Order โดยกราฟนี้จะแสดงให้เห็นถึงการกระจายตัวของส่วนตกค้าง ดังรูปที่ 4.5 จะพบว่ากราฟ Residual Versus Observation Order ของค่าตัวแปรตอบสนองคือ ปริมาณของเสียประเภทฟองอากาศที่เกิดขึ้นในช่วงปรับฉีดนั้น มีลักษณะการกระจายตัวแบบเป็นอิสระ ไม่มีลักษณะเป็นแนวโน้มหรือรูปร่างที่แน่นอน จึงสามารถสรุปได้ว่าข้อมูลชุดนี้มีความเป็นอิสระต่อกัน



รูปที่ 4.5 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างและลำดับของการเก็บข้อมูลในการทดลองของของเสียประเภทฟองอากาศ

3. การทดสอบสมมติฐานของความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน (Variant Stability)

โดยการทดสอบสมมติฐานของความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน (Variant Stability) จากรูปที่ 4.6 จะเห็นได้ว่าข้อมูลไม่มีลักษณะการกระจายตัวที่เป็นแนวโน้มหรือรูปแบบที่คล้ายกรวยปากเปิดหรือปากปิด จึงสามารถสรุปได้ว่าข้อมูลชุดนี้มีค่าความแปรปรวนมีค่าคงที่ค่าหนึ่ง



CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 4.6 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างและค่าที่ถูกฟิตในการทดลองของของเสียประเภทฟองอากาศ

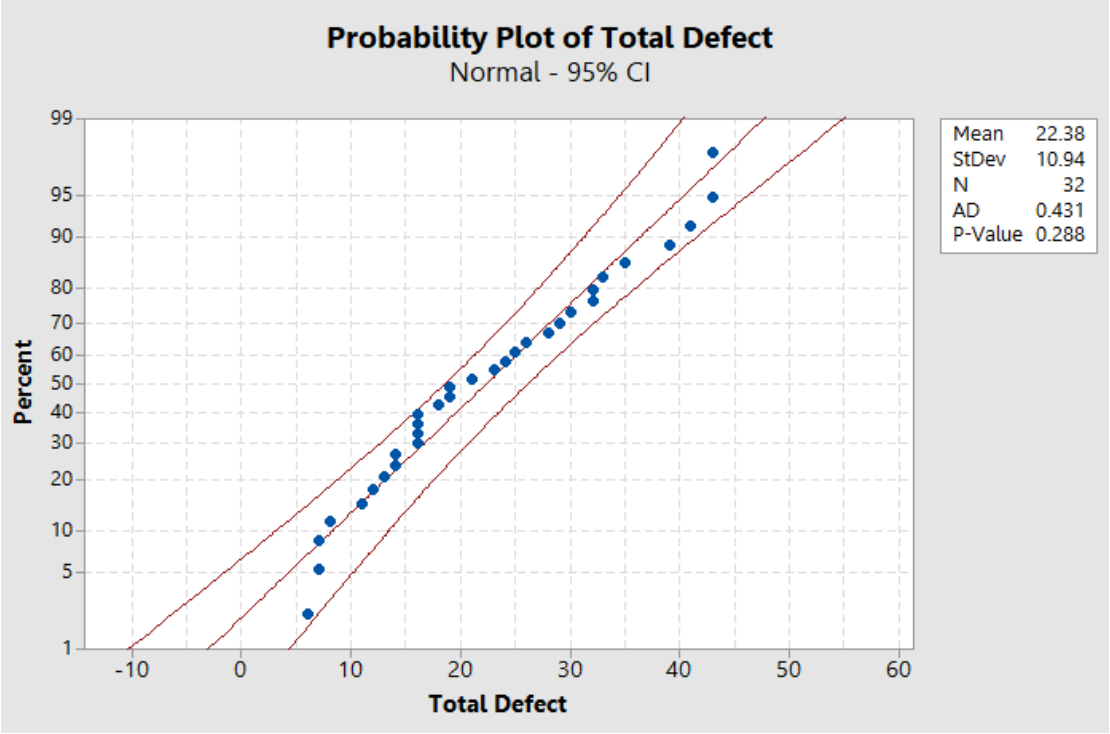
จากการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแปรตอบสนองคือปริมาณของเสียประเภทฟองอากาศที่เกิดขึ้นในช่วงปรับฉีด สามารถสรุปได้ว่าข้อมูลที่จะนำมาทำการวิเคราะห์ผลการทดลองเป็นไปตามสมมติฐานที่กำหนดทั้ง 3 ข้อ คือมีการกระจายตัวแบบปกติ, มีความเป็นอิสระต่อกัน และมีความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน ดังนั้นข้อมูลชุดนี้เป็นข้อมูลที่เชื่อถือได้และสามารถนำไปทำการวิเคราะห์ผลการทดลองในขั้นตอนต่อไปได้

4.2.3 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองของตัวแปรตอบสนองคือปริมาณของเสียรวมทั้งหมดที่เกิดขึ้นในช่วงปรับฉีด

โดยทำการตรวจสอบความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของข้อมูลโดยทำการการทดสอบข้อสมมติฐาน 3 ข้อ ดังต่อไปนี้

1. การทดสอบสมมติฐานของการแจกแจงปกติ (Normality Test)

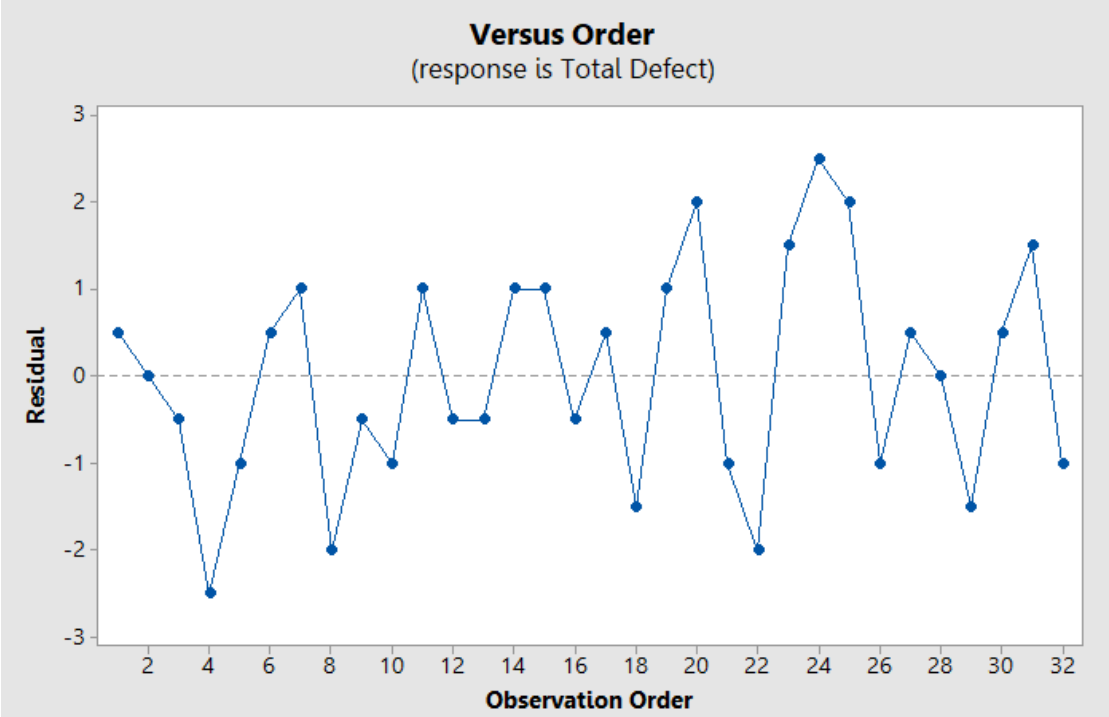
การทดสอบสมมติฐานของการแจกแจงปกติ (Normality Test) ว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ (Normal Probability) หรือไม่ จากการทดสอบค่าตัวแปรตอบสนองคือปริมาณของเสียรวมทั้งหมดที่เกิดขึ้นในช่วงปรับฉีด ดังรูปที่ 4.7 จะเห็นได้ว่าการกระจายตัวของส่วนตกค้าง (Residual) มีการกระจายตัวแบบปกติ คือมีการกระจายตัวตามแนวเส้นตรงหรือแนวโน้มใกล้เคียงกับเส้นตรง และมีค่า P-value เท่ากับ 0.288 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าข้อมูลชุดนี้มีการแจกแจงแบบปกติและเป็นข้อมูลที่เชื่อถือได้



รูปที่ 4.7 แสดงการทดสอบการแจกแจงปกติของผลการทดลองปริมาณของเสียรวมทั้งหมดที่เกิดขึ้นในช่วงปรับฉีด

2. การทดสอบสมมติฐานของความเป็นอิสระของข้อมูล (Independence of Residual)

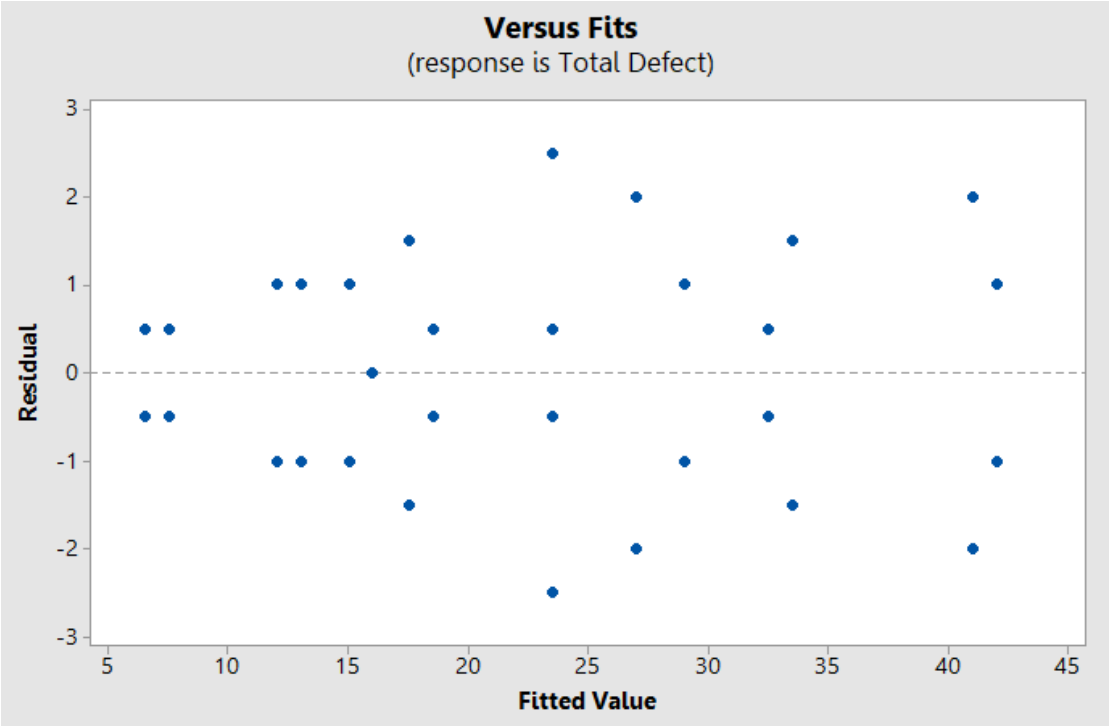
โดยการทดสอบสมมติฐานของความเป็นอิสระของข้อมูลจะสามารถดูได้จากกราฟ Residual Versus Observation Order โดยกราฟนี้จะแสดงให้เห็นถึงการกระจายตัวของส่วนตกค้าง ดังรูปที่ 4.8 จะพบว่ากราฟ Residual Versus Observation Order ของค่าตัวแปรตอบสนองคือ ปริมาณของเสียรวมทั้งหมดที่เกิดขึ้นในช่วงปรับฉีดนั้น มีลักษณะการกระจายตัวแบบเป็นอิสระ ไม่มีลักษณะเป็นแนวโน้มหรือรูปร่างที่แน่นอน จึงสามารถสรุปได้ว่าข้อมูลชุดนี้มีความเป็นอิสระต่อกัน



รูปที่ 4.8 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างและลำดับของการเก็บข้อมูลในการทดลองของของเสียรวมทั้งหมดที่เกิดขึ้นในช่วงปรับฉีด

3. การทดสอบสมมติฐานของความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน (Variant Stability)

โดยการทดสอบสมมติฐานของความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน (Variant Stability) จากรูปที่ 4.9 จะเห็นได้ว่าข้อมูลไม่มีลักษณะการกระจายตัวที่เป็นแนวโน้มหรือรูปแบบที่คล้ายกรวยปากเปิดหรือปากปิด จึงสามารถสรุปได้ว่าข้อมูลชุดนี้มีค่าความแปรปรวนมีค่าคงที่ค่าหนึ่ง



CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 4.9 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างและค่าที่ถูกฟิตในการทดลองของของเสียรวมทั้งหมดที่เกิดขึ้นในช่วงปรับฉีด

จากการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแปรตอบสนองคือปริมาณของเสียรวมทั้งหมดที่เกิดขึ้นในช่วงปรับฉีด สามารถสรุปได้ว่าข้อมูลที่จะนำมาทำการวิเคราะห์ผลการทดลองเป็นไปตามสมมติฐานที่กำหนดทั้ง 3 ข้อ คือมีการกระจายตัวแบบปกติ, มีความเป็นอิสระต่อกัน และมีความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน ดังนั้นข้อมูลชุดนี้เป็นข้อมูลที่เชื่อถือได้และสามารถนำไปทำการวิเคราะห์ผลการทดลองในขั้นตอนต่อไปได้

4.3 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองที่ได้ดังตารางที่ 4.1 ทางผู้วิจัยได้นำผลการทดลองที่ได้มาทำการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab เพื่อทำการวิเคราะห์ปัจจัยนำเข้าที่สำคัญที่มีต่อการเกิดของเสียแบบฉีดไม่เต็ม, ฟองอากาศ และของเสียรวมที่เกิดขึ้นในการฉีดขึ้นรูปพลาสติกปิดด้านหลังเบาะด้านซ้าย

1. **วิเคราะห์ผลการทดลองของตัวแปรตอบสนองคือปริมาณของเสียประเภทฉีดไม่เต็มที่เกิดขึ้นในช่วงปรับฉีด**

เมื่อพิจารณาที่ตัวแปรตอบสนองคือปริมาณของเสียประเภทฉีดไม่เต็มที่เกิดขึ้นในช่วงปรับฉีด พบว่าปัจจัยที่มีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 ซึ่งได้แก่ ปัจจัยหลัก (Main Effect) จำนวน 3 ปัจจัย คือ A, C, และ D และอันตรกิริยา (Interaction) ที่ส่งผลต่อตัวแปรตอบสนองคือ AD, CD และ ACD ดังตารางที่ 4.2 และดังรูปที่ 4.10 โดยที่

A คือ ความดันในการฉีด (Injection Pressure)

B คือ อุณหภูมิคอร์ (Core Temperature)

C คือ อุณหภูมิเบ้า (Cavity Temperature)

D คือ อุณหภูมิของพลาสติกหลอมเหลว (Melt Temperature)

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการเกิดของเสียแบบฉีดไม่เต็ม พบว่าปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อการเกิดของเสียดังกล่าวอย่างมีนัยสำคัญ ได้แก่ แรงดันในการฉีด, อุณหภูมิเบ้าและอุณหภูมิของพลาสติกหลอมเหลว (P-Value < 0.05) หรือพิจารณาจากกราฟพาเรโตของปัจจัยหลักและอันตรกิริยา ดังรูปที่ 4.10

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการวิเคราะห์การทดลองเบื้องต้นด้วยโปรแกรม Minitab ของตัวแปรตอบสนองคือปริมาณของเสียประเภทฉีดไม่เต็มที่เกิดขึ้นในช่วงปรับฉีด

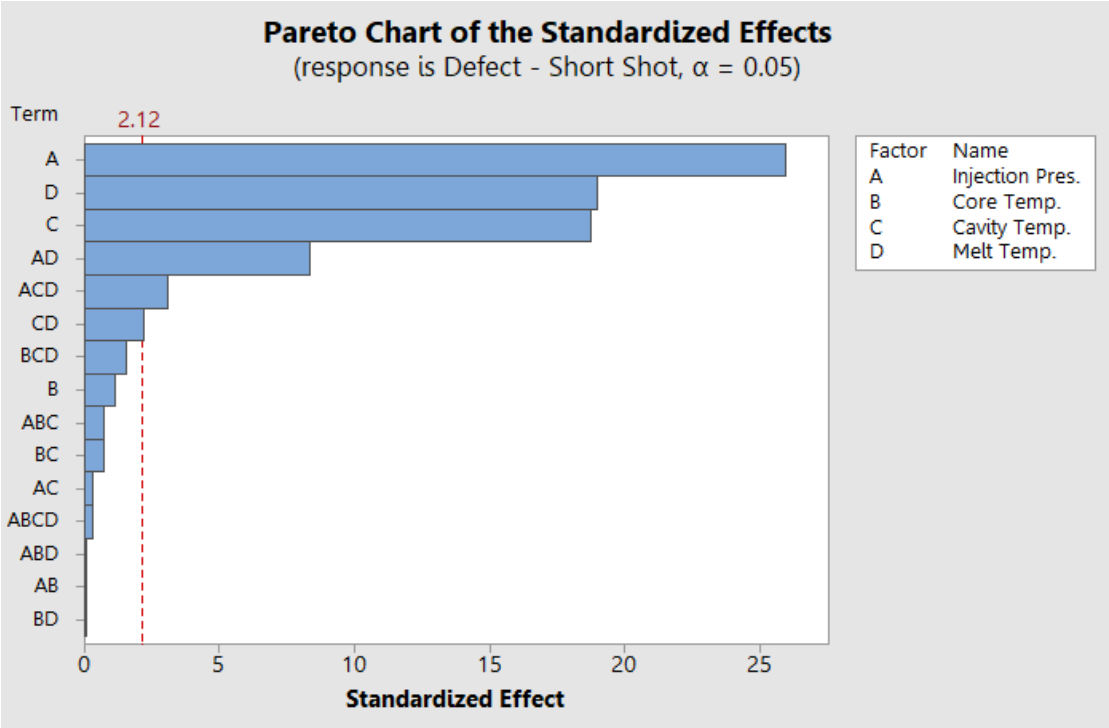
Factorial Regression: Defect - Short Shot versus Injection ... elt Temp.

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	15	4105.7	273.71	98.41	0.000
Linear	4	3859.9	964.97	346.96	0.000
Injection Pres.	1	1875.8	1875.78	674.44	0.000
Core Temp.	1	3.8	3.78	1.36	0.261
Cavity Temp.	1	979.0	979.03	352.01	0.000
Melt Temp.	1	1001.3	1001.28	360.01	0.000
2-Way Interactions	6	210.7	35.11	12.63	0.000
Injection Pres.*Core Temp.	1	0.0	0.03	0.01	0.917
Injection Pres.*Cavity Temp.	1	0.3	0.28	0.10	0.755
Injection Pres.*Melt Temp.	1	195.0	195.03	70.12	0.000
Core Temp.*Cavity Temp.	1	1.5	1.53	0.55	0.469
Core Temp.*Melt Temp.	1	0.0	0.03	0.01	0.917
Cavity Temp.*Melt Temp.	1	13.8	13.78	4.96	0.041
3-Way Interactions	4	34.9	8.72	3.13	0.044
Injection Pres.*Core Temp.*Cavity Temp.	1	1.5	1.53	0.55	0.469
Injection Pres.*Core Temp.*Melt Temp.	1	0.0	0.03	0.01	0.917
Injection Pres.*Cavity Temp.*Melt Temp.	1	26.3	26.28	9.45	0.007
Core Temp.*Cavity Temp.*Melt Temp.	1	7.0	7.03	2.53	0.131
4-Way Interactions	1	0.3	0.28	0.10	0.755
Injection Pres.*Core Temp.*Cavity Temp.*Melt Temp.	1	0.3	0.28	0.10	0.755
Error	16	44.5	2.78		
Total	31	4150.2			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
1.66771	98.93%	97.92%	95.71%

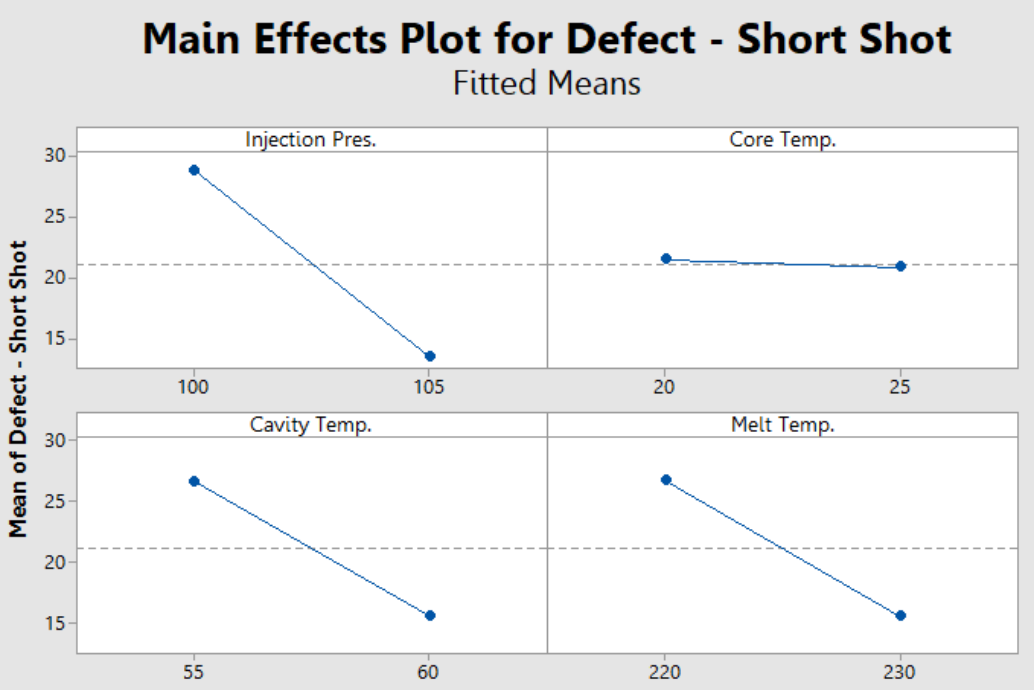


รูปที่ 4.10 แสดงแผนภาพพาเรโตของปัจจัยหลักและอันตรกิริยาที่มีผลต่อปริมาณของเสียประเภทฉีดไม่เต็มที่เกิดขึ้นในช่วงปรับฉีด

เมื่อพิจารณาผลของปัจจัยหลักที่มีผลต่อปริมาณของเสียประเภทฉีดไม่เต็มที่เกิดขึ้นในช่วงปรับฉีดดังรูปที่ 4.11 จะเห็นได้ว่า

- ความดันในการฉีด มีเส้นกราฟในลักษณะที่ความชันลดลง หมายความว่าความดันในการฉีดที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้เกิดของเสียแบบฉีดไม่เต็มลดลงอย่างมีนัยสำคัญ อันเนื่องมาจากความดันฉีดที่เพิ่มขึ้นจะทำให้พลาสติกหลอมเหลวสามารถไหลหรือแทรกตัวเข้าไปในแม่พิมพ์ได้มากขึ้น ทำให้เกิดของเสียประเภทฉีดไม่เต็มลดลง
- อุณหภูมิเบ้า มีเส้นกราฟในลักษณะที่ความชันลดลง หมายความว่าอุณหภูมิเบ้าที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้เกิดของเสียแบบฉีดไม่เต็มลดลงอย่างมีนัยสำคัญ อันเนื่องมาจากอุณหภูมิแม่พิมพ์ฝั่งเบ้ามีอุณหภูมิที่สูงขึ้น จะส่งผลให้พลาสติกหลอมเหลวสามารถไหลในแม่พิมพ์ได้ดียิ่งขึ้น ส่งผลให้เกิดของเสียประเภทฉีดไม่เต็มลดลง
- อุณหภูมิของพลาสติกหลอมเหลว มีเส้นกราฟในลักษณะที่ความชันลดลง หมายความว่าอุณหภูมิของพลาสติกหลอมเหลวที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้เกิดของเสียแบบฉีดไม่เต็มลดลง

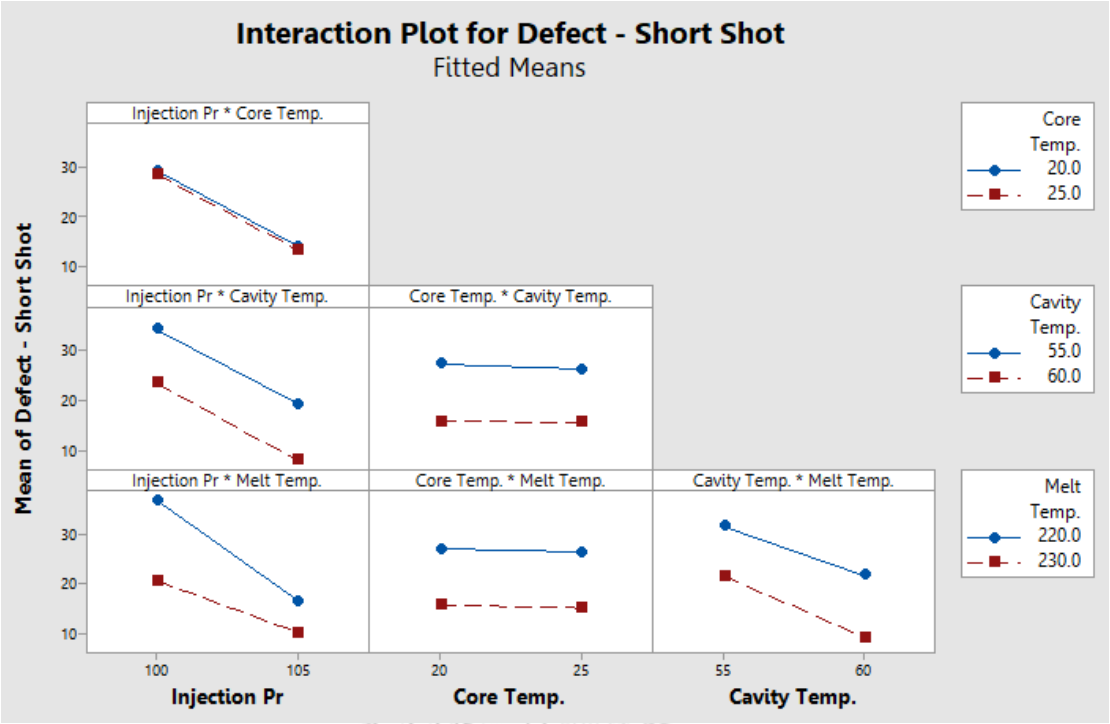
อย่างมีนัยสำคัญ อันเนื่องมาจากเมื่ออุณหภูมิพลาสติกหลอมเหลวมีอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะส่งผลให้พลาสติกหลอมเหลวไหลได้เร็วขึ้น เนื่องจากมีความหนืดที่ลดลง ทำให้เกิดของเสียประเภทฉีดไม่เต็มได้ลดลง



รูปที่ 4.11 แสดงผลของปัจจัยหลักที่มีผลต่อปริมาณของเสียประเภทฉีดไม่เต็มที่เกิดขึ้นในช่วงปรับฉีด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เมื่อพิจารณาผลของอันตรกิริยาที่มีผลต่อปริมาณของเสียประเภทฉีดไม่เต็มที่เกิดขึ้นในช่วงปรับฉีดดังรูปที่ 4.12 จะเห็นได้ว่าอิทธิพลร่วมของความดันในการฉีดและอุณหภูมิพลาสติกหลอมเหลวส่งผลต่อการเกิดของเสียอย่างมีนัยสำคัญ กล่าวคือเมื่อทำการปรับตั้งความดันในการฉีดที่สูงขึ้นและปรับตั้งอุณหภูมิพลาสติกหลอมเหลวที่สูงขึ้น จะส่งผลให้ปริมาณของเสียเกิดขึ้นน้อยลงอย่างมีนัยสำคัญ, อิทธิพลร่วมของอุณหภูมิเบ้าและอุณหภูมิของพลาสติกหลอมเหลว เมื่อทำการปรับตั้งอุณหภูมิเบ้าและอุณหภูมิของพลาสติกหลอมเหลวที่สูงขึ้นจะทำให้เกิดของเสียลดลงอย่างมีนัยสำคัญ และพบว่าเมื่อพิจารณาผลของอิทธิพลร่วมของความดันในการฉีด อุณหภูมิเบ้าและอุณหภูมิของพลาสติกหลอมเหลวจะส่งผลต่อการเกิดของเสียประเภทฉีดไม่เต็มอย่างมีนัยสำคัญ กล่าวคือเมื่อทำการปรับตั้งความดันฉีด, อุณหภูมิเบ้าและอุณหภูมิพลาสติกหลอมเหลวสูงขึ้นจะส่งผลให้เกิดปริมาณของเสียประเภทฉีดไม่เต็มในช่วงการปรับฉีดได้ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ



รูปที่ 4.12 แสดงผลของอันตรกิริยาที่มีผลต่อปริมาณของเสียประเภทฉีดไม่เต็มที่เกิดขึ้นในช่วงปรับฉีด

2. **วิเคราะห์ผลการทดลองของตัวแปรตอบสนองคือปริมาณของเสียประเภทฟองอากาศที่เกิดขึ้นในช่วงปรับฉีด**

เมื่อพิจารณาที่ตัวแปรตอบสนองคือปริมาณของเสียประเภทฟองอากาศที่เกิดขึ้นในช่วงการปรับฉีด พบว่าปัจจัยที่มีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 ซึ่งได้แก่ ปัจจัยหลักจำนวน 3 ปัจจัย คือ A, C, และ D และอันตรกิริยา (Interaction) ที่ส่งผลต่อตัวแปรตอบสนองคือ AD ดังตารางที่ 4.3 และดังรูปที่ 4.13

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการวิเคราะห์การทดลองเบื้องต้นด้วยโปรแกรม Minitab ของตัวแปรตอบสนองคือปริมาณของเสียประเภทฟองอากาศที่เกิดขึ้นในช่วงปรับฉีด

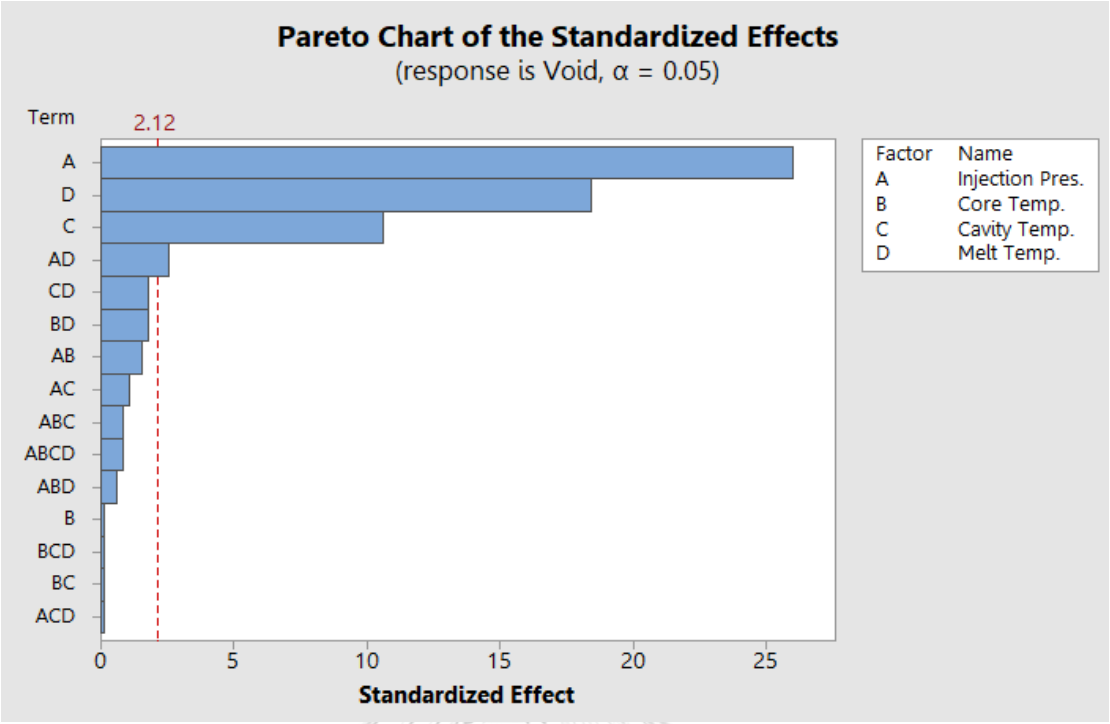
Factorial Regression: Void versus Injection Pres., Core ... p., Melt Temp.

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	15	2406.5	160.43	76.62	0.000
Linear	4	2366.9	591.72	282.61	0.000
Injection Pres.	1	1417.8	1417.78	677.15	0.000
Core Temp.	1	0.0	0.03	0.01	0.904
Cavity Temp.	1	236.5	236.53	112.97	0.000
Melt Temp.	1	712.5	712.53	340.31	0.000
2-Way Interactions	6	35.7	5.95	2.84	0.044
Injection Pres.*Core Temp.	1	5.3	5.28	2.52	0.132
Injection Pres.*Cavity Temp.	1	2.5	2.53	1.21	0.288
Injection Pres.*Melt Temp.	1	13.8	13.78	6.58	0.021
Core Temp.*Cavity Temp.	1	0.0	0.03	0.01	0.904
Core Temp.*Melt Temp.	1	7.0	7.03	3.36	0.086
Cavity Temp.*Melt Temp.	1	7.0	7.03	3.36	0.086
3-Way Interactions	4	2.4	0.59	0.28	0.884
Injection Pres.*Core Temp.*Cavity Temp.	1	1.5	1.53	0.73	0.405
Injection Pres.*Core Temp.*Melt Temp.	1	0.8	0.78	0.37	0.550
Injection Pres.*Cavity Temp.*Melt Temp.	1	0.0	0.03	0.01	0.904
Core Temp.*Cavity Temp.*Melt Temp.	1	0.0	0.03	0.01	0.904
4-Way Interactions	1	1.5	1.53	0.73	0.405
Injection Pres.*Core Temp.*Cavity Temp.*Melt Temp.	1	1.5	1.53	0.73	0.405
Error	16	33.5	2.09		
Total	31	2440.0			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
1.44698	98.63%	97.34%	94.51%

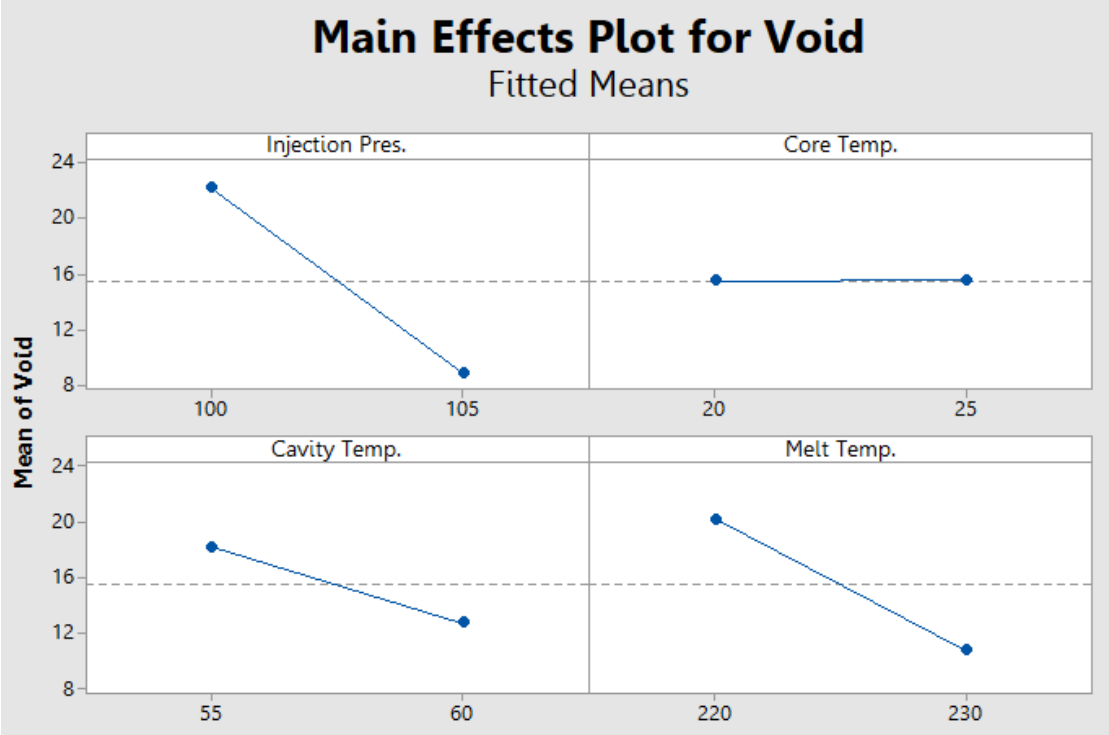


รูปที่ 4.13 แสดงแผนภาพพาเรโตของปัจจัยหลักและอันตรกิริยาที่มีผลต่อปริมาณของเสียที่ประเภทฟองอากาศที่เกิดขึ้นในช่วงปรับฉีด

เมื่อพิจารณาผลของปัจจัยหลักที่มีผลต่อของเสียที่เกิดขึ้นในระหว่างปรับฉีดประเภทฟองอากาศ ดังรูปที่ 4.14 จะเห็นได้ว่า

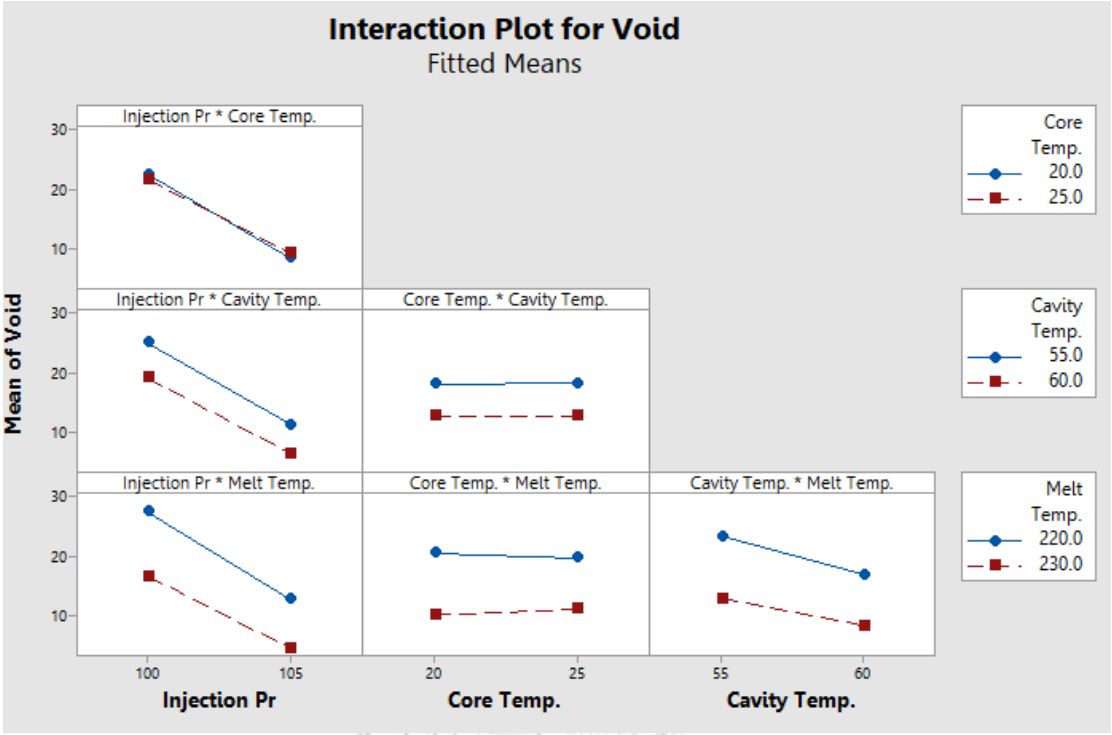
- ความดันในการฉีด มีเส้นกราฟในลักษณะที่ความชันลดลง หมายความว่าความดันในการฉีดที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้เกิดของเสียประเภทฟองอากาศลดลงอย่างมีนัยสำคัญ อันเนื่องมาจาก เมื่อความดันในการฉีดเพิ่มมากขึ้น จะส่งผลให้พลาสติกหลอมเหลวไหลในแม่พิมพ์ได้ดียิ่งขึ้น และยังเป็นการช่วยไล่ฟองอากาศออกไป จึงทำให้ปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นลดลง
- อุณหภูมิเบ้า มีเส้นกราฟในลักษณะที่ความชันลดลง หมายความว่าอุณหภูมิเบ้าที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้เกิดของเสียประเภทฟองอากาศลดลงอย่างมีนัยสำคัญ อันเนื่องมาจากอุณหภูมิแม่พิมพ์ฝั่งเบ้ามีอุณหภูมิที่สูงขึ้น จะส่งผลให้พลาสติกหลอมเหลวสามารถไหลในแม่พิมพ์ได้ดียิ่งขึ้น ส่งผลให้เกิดของเสียประเภทฟองอากาศลดลง

- อุณหภูมิของพลาสติกหลอมเหลว มีเส้นกราฟในลักษณะที่ความชันลดลง หมายความว่า อุณหภูมิของพลาสติกหลอมเหลวที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้เกิดของเสียประเภทฟองอากาศลดลงอย่างมีนัยสำคัญ อันเนื่องมาจากอุณหภูมิพลาสติกหลอมเหลวที่เพิ่มมากขึ้นจะส่งผลให้พลาสติกหลอมเหลวมีความหนืดที่ลดลงและสามารถไหลในแม่พิมพ์ได้ดีขึ้น จึงทำให้สามารถช่วยลดปริมาณของเสียลงได้



รูปที่ 4.14 แสดงผลของปัจจัยหลักที่มีผลต่อของเสียที่เกิดขึ้นประเภทฟองอากาศ

เมื่อพิจารณาผลของอันตรกิริยาที่มีผลต่อของเสียที่เกิดขึ้นในระหว่างปรับฉีดประเภทฟองอากาศดังรูปที่ 4.15 จะเห็นได้ว่าอิทธิพลร่วมของความดันในการฉีดและอุณหภูมิของพลาสติกหลอมเหลว ส่งผลต่อการเกิดของเสียอย่างมีนัยสำคัญ กล่าวคือเมื่อทำการปรับตั้งความดันในการฉีดที่สูงขึ้นและปรับตั้งอุณหภูมิพลาสติกหลอมเหลวที่สูงขึ้น จะส่งผลให้ปริมาณของเสียเกิดขึ้นน้อยลงอย่างมีนัยสำคัญ



รูปที่ 4.15 แสดงผลของอันตรกิริยาที่มีผลต่อปริมาณของเสียที่ประเภทฟองอากาศที่เกิดขึ้นในช่วงปรับฉีด

3. **วิเคราะห์ผลการทดลองของตัวแปรตอบสนองคือปริมาณของเสียรวมทั้งหมดที่เกิดขึ้นในช่วงปรับฉีด**

เมื่อพิจารณาที่ตัวแปรตอบสนองคือปริมาณของเสียประเภทฟองอากาศที่เกิดขึ้นในช่วงการปรับฉีด พบว่าปัจจัยที่มีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 ซึ่งได้แก่ ปัจจัยหลักจำนวน 3 ปัจจัย คือ A, C, และ D และอันตรกิริยา (Interaction) ที่ส่งผลต่อตัวแปรตอบสนองคือ AD ดังตารางที่ 4.4 และดังรูปที่ 4.16

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการวิเคราะห์การทดลองเบื้องต้นด้วยโปรแกรม Minitab ของตัวแปรตอบสนองคือปริมาณของเสียประเภทฟองอากาศที่เกิดขึ้นในช่วงปรับฉีด

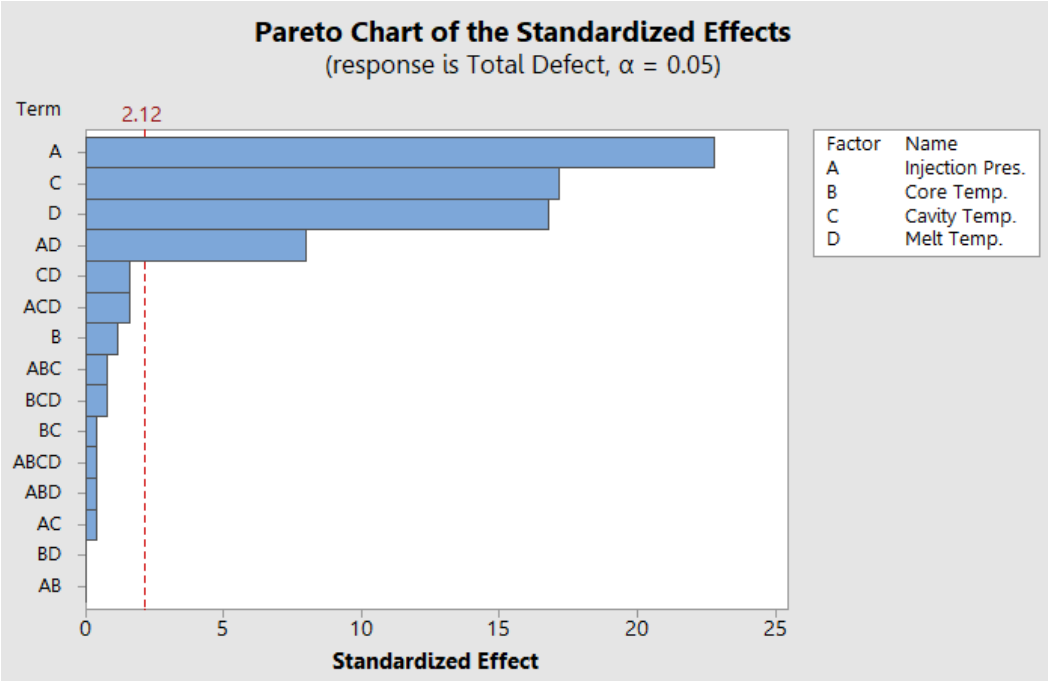
Factorial Regression: Total Defect versus Injection Pres., ... Melt Temp.

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	15	3657.5	243.83	78.03	0.000
Linear	4	3435.5	858.87	274.84	0.000
Injection Pres.	1	1624.5	1624.50	519.84	0.000
Core Temp.	1	4.5	4.50	1.44	0.248
Cavity Temp.	1	924.5	924.50	295.84	0.000
Melt Temp.	1	882.0	882.00	282.24	0.000
2-Way Interactions	6	209.0	34.83	11.15	0.000
Injection Pres.*Core Temp.	1	0.0	0.00	0.00	1.000
Injection Pres.*Cavity Temp.	1	0.5	0.50	0.16	0.694
Injection Pres.*Melt Temp.	1	200.0	200.00	64.00	0.000
Core Temp.*Cavity Temp.	1	0.5	0.50	0.16	0.694
Core Temp.*Melt Temp.	1	0.0	0.00	0.00	1.000
Cavity Temp.*Melt Temp.	1	8.0	8.00	2.56	0.129
3-Way Interactions	4	12.5	3.13	1.00	0.436
Injection Pres.*Core Temp.*Cavity Temp.	1	2.0	2.00	0.64	0.435
Injection Pres.*Core Temp.*Melt Temp.	1	0.5	0.50	0.16	0.694
Injection Pres.*Cavity Temp.*Melt Temp.	1	8.0	8.00	2.56	0.129
Core Temp.*Cavity Temp.*Melt Temp.	1	2.0	2.00	0.64	0.435
4-Way Interactions	1	0.5	0.50	0.16	0.694
Injection Pres.*Core Temp.*Cavity Temp.*Melt Temp.	1	0.5	0.50	0.16	0.694
Error	16	50.0	3.13		
Total	31	3707.5			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
1.76777	98.65%	97.39%	94.61%

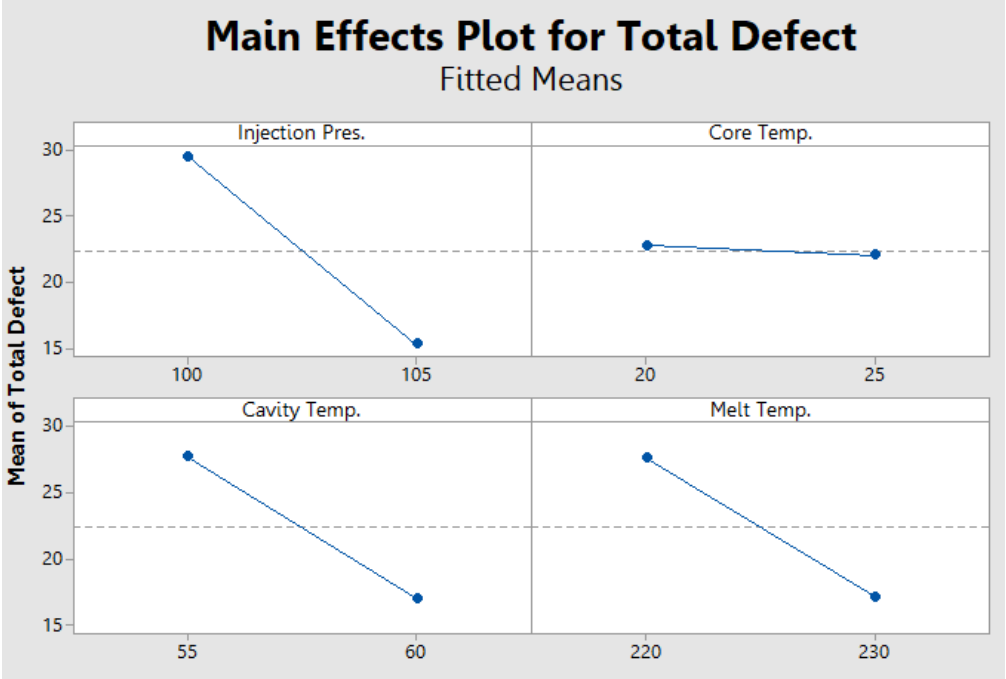


รูปที่ 4.16 แสดงแผนภาพพาเรโตของปัจจัยหลักและอันตรกิริยาที่มีผลต่อปริมาณของเสียรวมทั้งหมดที่เกิดขึ้นในช่วงปรับฉีด

เมื่อพิจารณาผลของปัจจัยหลักที่มีผลต่อปริมาณของเสียรวมทั้งหมดที่เกิดขึ้นในช่วงปรับฉีด ดังรูปที่ 4.17 จะเห็นได้ว่า

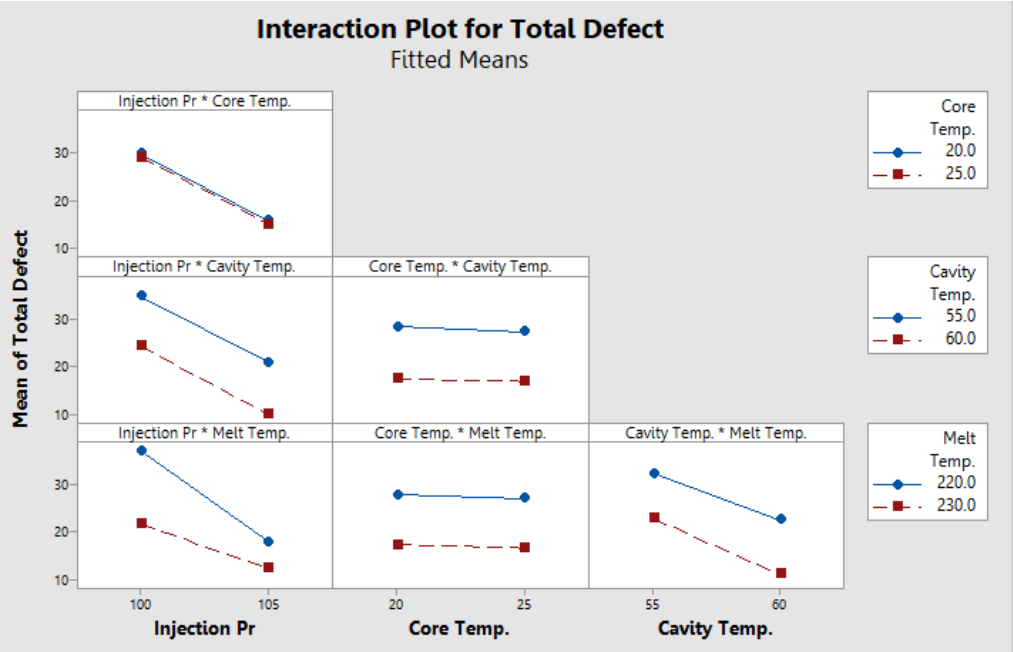
- ความดันในการฉีด มีเส้นกราฟในลักษณะที่ความชันลดลง หมายความว่าความดันในการฉีดที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้เกิดของเสียรวมทั้งหมดในช่วงการปรับฉีดลดลงอย่างมีนัยสำคัญ อันเนื่องมาจากความดันฉีดที่เพิ่มขึ้นจะทำให้พลาสติกหลอมเหลวสามารถไหลหรือแทรกตัวเข้าไปในแม่พิมพ์ได้มากขึ้น ทำให้เกิดของเสียประเภทฉีดไม่เต็มและฟองอากาศลดลง ส่งผลให้ปริมาณของเสียรวมที่เกิดขึ้นลดลงตามไปด้วย
- อุณหภูมิเบ้า มีเส้นกราฟในลักษณะที่ความชันลดลง หมายความว่าอุณหภูมิเบ้าที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้เกิดของเสียรวมทั้งหมดในช่วงการปรับฉีดลดลงอย่างมีนัยสำคัญ อันเนื่องมาจากอุณหภูมิแม่พิมพ์ฝั่งเบ้ามีอุณหภูมิที่สูงขึ้น จะส่งผลให้พลาสติกหลอมเหลวสามารถไหลในแม่พิมพ์ได้ดียิ่งขึ้น ทำให้เกิดของเสียประเภทฉีดไม่เต็มและฟองอากาศลดลง ส่งผลให้ปริมาณของเสียรวมที่เกิดขึ้นลดลงตามไปด้วย

- อุณหภูมิของพลาสติกหลอมเหลว มีเส้นกราฟในลักษณะที่ความชันลดลง หมายความว่า อุณหภูมิของพลาสติกหลอมเหลวที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้เกิดของเสียรวมทั้งหมดในช่วงการปรับฉีดลดลงอย่างมีนัยสำคัญ อันเนื่องมาจากเมื่ออุณหภูมิพลาสติกหลอมเหลวมีอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะส่งผลให้พลาสติกหลอมเหลวไหลได้เร็วขึ้น เนื่องจากมีความหนืดที่ลดลง ให้เกิดของเสียประเภทฉีดไม่เต็มและฟองอากาศลดลง ส่งผลให้ปริมาณของเสียรวมที่เกิดขึ้นลดลงตามไปด้วย



รูปที่ 4.17 แสดงผลของปัจจัยหลักที่มีผลต่อปริมาณของเสียรวมทั้งหมดที่เกิดขึ้นในช่วงปรับฉีด

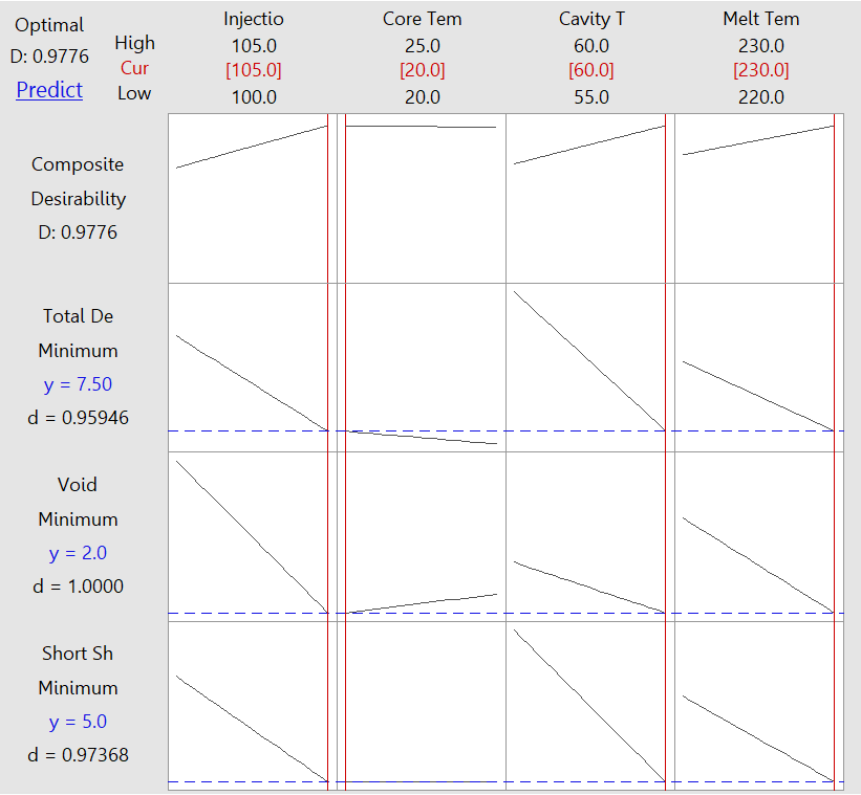
เมื่อพิจารณาผลของอันตรกิริยาที่มีผลต่อปริมาณของเสียรวมทั้งหมดที่เกิดขึ้นในช่วงปรับฉีด ดังรูปที่ 4.18 จะเห็นได้ว่าอิทธิพลร่วมของความดันในการฉีดและอุณหภูมิของพลาสติกหลอมเหลวส่งผลต่อการเกิดของเสียอย่างมีนัยสำคัญ กล่าวคือเมื่อทำการปรับตั้งความดันในการฉีดที่สูงขึ้นและปรับตั้งอุณหภูมิพลาสติกหลอมเหลวที่สูงขึ้น จะส่งผลให้ปริมาณของเสียรวมทั้งหมดเกิดขึ้นในช่วงปรับฉีดน้อยลงอย่างมีนัยสำคัญ



รูปที่ 4.18 แสดงผลของอันตรกิริยาที่มีผลต่อปริมาณของเสียรวมทั้งหมดที่เกิดขึ้นในช่วงปรับฉีด

4.4 การทดลองหาสภาวะที่เหมาะสม (Response Optimizer)

หลังจากทำการวิเคราะห์ถึงปัจจัยหลักและอันตรกิริยาของแต่ละปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดของเสียประเภทฉีดไม่เต็มและฟองอากาศในขั้นตอนการปรับฉีดแล้ว จะทำการหาสภาวะที่เหมาะสมในการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ของเครื่องฉีดพลาสติกของทั้ง 4 ปัจจัย เพื่อให้เกิดของเสียในช่วงปรับฉีดในปริมาณที่น้อยที่สุด โดยใช้โปรแกรม Minitab ในการช่วยวิเคราะห์จะเห็นได้ว่าความดันในการฉีดควรอยู่ที่ 105 kg/cm^2, อุณหภูมิคอร์ควรอยู่ที่ 20 ℃, อุณหภูมิเบ้าควรอยู่ที่ 60 ℃ และอุณหภูมิพลาสติกหลอมเหลวควรอยู่ที่ 230 ℃ ดังรูปที่ 4.19



รูปที่ 4.19 แสดงค่าการวิเคราะห์ระดับปัจจัยที่เหมาะสมในการปรับตั้งพารามิเตอร์เพื่อลดปริมาณของเสียประเภทฉีดไม่เต็ม, ฟองอากาศ และของเสียรวมทั้งหมดที่เกิดขึ้นในช่วงปรับฉีด

4.5 การทดสอบเพื่อยืนยันผล

การทดสอบเพื่อยืนยันผลที่ได้จากการทำการทดลอง โดยการนำค่าปัจจัยนำเข้าที่ได้จากการทดลอง และค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่ได้จากการวิเคราะห์ในหัวข้อที่ 4.4 มาประยุกต์ใช้จริงเพื่อทดสอบว่าสามารถปริมาณของเสียประเภทฉีดไม่เต็มและฟองอากาศที่เกิดขึ้นในช่วงปรับฉีดได้หรือไม่ โดยค่าที่เหมาะสมของปัจจัยทั้ง 3 แสดงดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 แสดงระดับปัจจัยนำเข้าที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการยืนยันผล

ปัจจัย	หน่วย	สัญลักษณ์	ระดับที่เหมาะสม
ความดันในการฉีด	kg/cm^2	Injection Pres.	105
อุณหภูมิเบ้า	°C	Cavity Temp.	60
อุณหภูมิของพลาสติกหลอมเหลว	°C	Melt Temp.	230

ตารางที่ 4.6 แสดงผลการทดลองเพื่อยืนยันผลโดยใช้ระดับปัจจัยนำเข้าที่เหมาะสมทำการผลิตชิ้นงานพลาสติกปิดด้านหลังเบาะด้านซ้ายในเดือนกรกฎาคม – สิงหาคม 2563

	Lot	Injection Pres. (Kg/cm^2)	Core Temp. (°C)	Cavity Temp. (°C)	Melt Temp. (°C)	ปริมาณของเสียในช่วงการปรับฉีด (ชิ้น)					เวลาที่ใช้ในการปรับตั้งและฉีดชิ้นงานจนกว่าจะได้ชิ้นงานดี (นาที)	%ของเสียในช่วงการผลิตจริง
						ประเภทฉีดไม่เต็ม	ประเภทฟองอากาศ	เกิดทั้งฉีดไม่เต็มและฟองอากาศ	ประเภทอื่นๆ	รวมทั้งหมด		
ก.ค. 2563	1	105	20	60	230	6	3	3	1	7	19.17	1.42%
	2	105	20	60	230	5	3	3	0	5	15.83	0.92%
	3	105	20	60	230	5	3	3	2	7	19.00	0.88%
	4	105	20	60	230	5	3	3	0	5	16.42	1.48%
	5	105	20	60	230	5	3	3	0	5	15.43	0.92%
	6	105	20	60	230	6	3	3	1	7	19.83	0.42%
	7	105	20	60	230	6	3	3	0	6	17.87	0.82%
ส.ค. 2563	8	105	20	60	230	5	2	2	0	5	16.02	0.94%
	9	105	20	60	230	6	4	3	0	7	20.05	1.18%
	10	105	20	60	230	5	4	4	0	5	16.19	0.92%
	11	105	20	60	230	4	2	2	2	6	17.50	0.93%
	12	105	20	60	230	5	3	3	2	7	19.56	1.22%
	13	105	20	60	230	5	3	3	0	5	15.94	1.52%

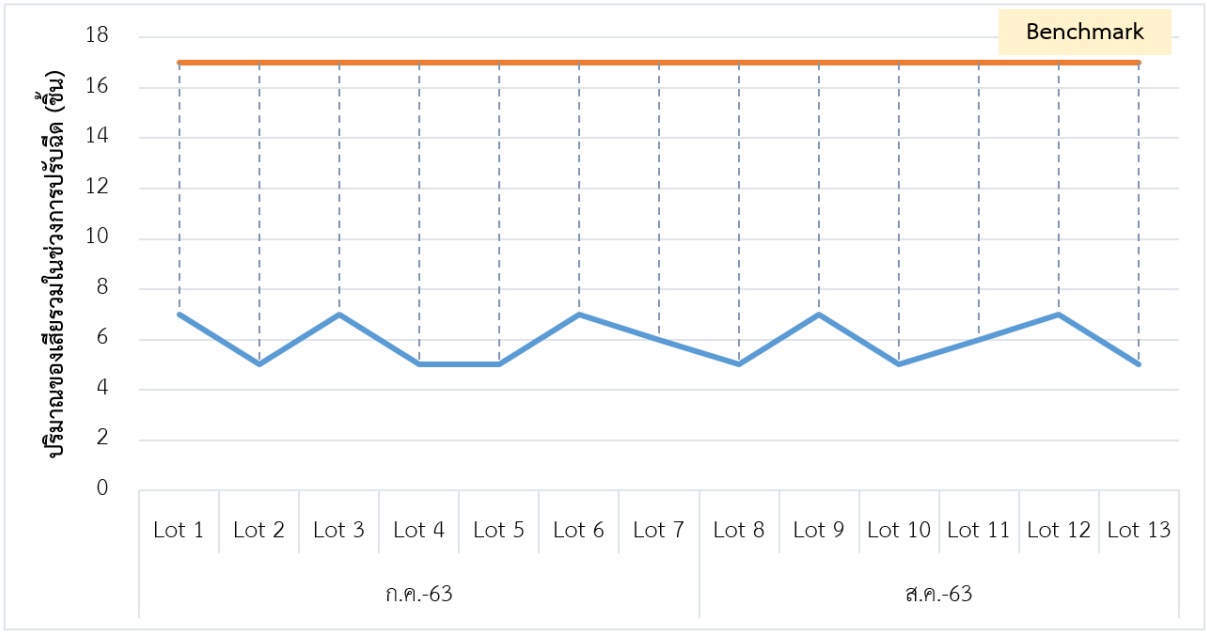
จากตารางที่ 4.6 จะแสดงผลการทำการทดสอบเพื่อยืนยันผลโดยการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ตามค่าที่เหมาะสมในการปรับฉีดชิ้นงานพลาสติกปิดด้านหลังเบาะด้านซ้ายในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงเดือนสิงหาคม 2563 แต่เนื่องด้วยผลิตภัณฑ์ดังกล่าวนี้เป็นผลิตภัณฑ์ในโมเดลใหม่จึงไม่สามารถนำข้อมูลที่มีอยู่มาใช้ในการอ้างอิงได้ ทางผู้วิจัยจึงทำการเลือกเอาผลิตภัณฑ์ในโมเดลที่มีการผลิตอยู่ (Benchmark) ที่มีลักษณะรูปร่างของชิ้นงานและการนำไปใช้งานที่ใกล้เคียงกันมาทำการเปรียบเทียบ โดยผลิตภัณฑ์ที่นำมาเปรียบเทียบนี้เป็นชิ้นงานพลาสติกที่ใช้ในการปิดด้านหลังเบาะรถยนต์เช่นเดียวกันกับชิ้นงานพลาสติกที่ทำการศึกษาในงานวิจัยนี้ และยังใช้วัสดุในการผลิตคือ PP ซึ่งเป็นเกรดที่มีคุณสมบัติเชิงกลและกายภาพที่ใกล้เคียงกันกับวัสดุที่ใช้ผลิตชิ้นงานพลาสติกในงานวิจัยนี้ดังแสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 แสดงการเปรียบเทียบสมบัติของวัสดุที่ใช้ในงานวิจัยนี้และวัสดุที่ใช้ในการผลิตชิ้นงาน Benchmark

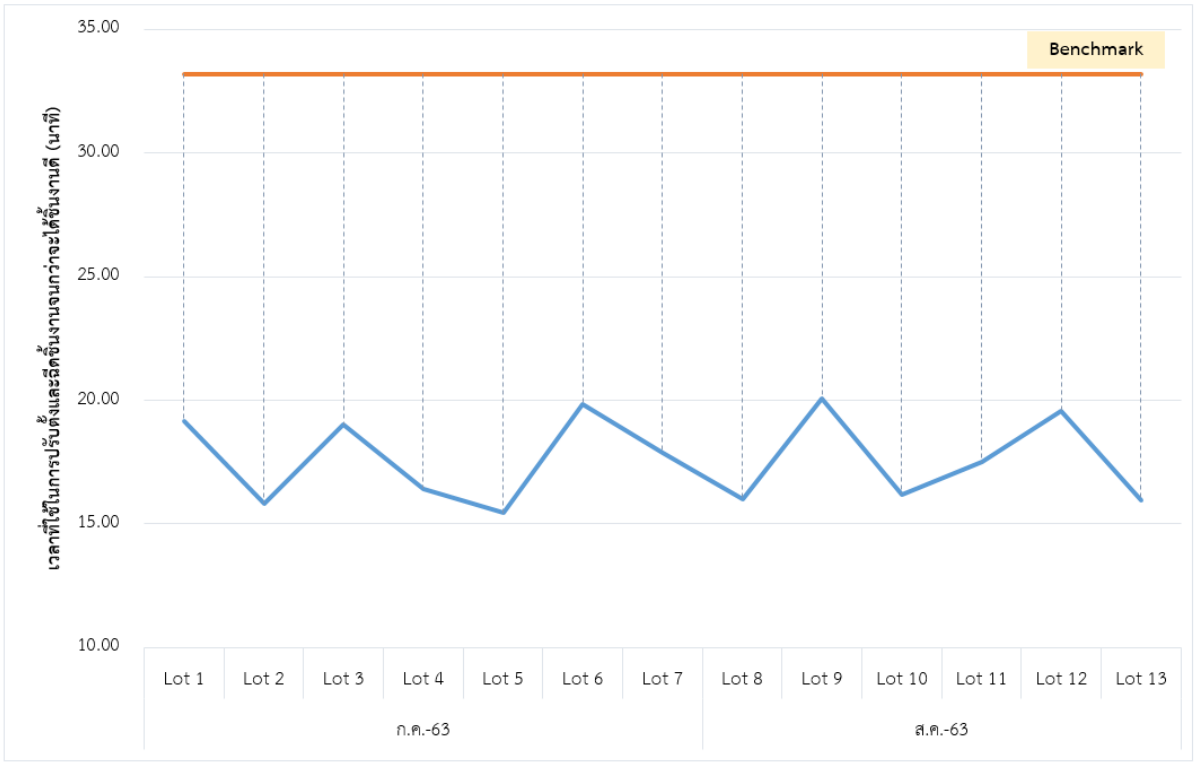
	วัสดุ PP-TX20 (ใช้ในงานวิจัยนี้)	วัสดุ PP (ใช้ผลิตชิ้นงาน Benchmark)
Melt Flow Rate (g/10 min)	22	18
Density (g/cm^3)	1.04	1.02
Shrinkage	0.6-0.8%	0.6-1.0%

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากการศึกษาข้อมูลในการผลิตชิ้นงานพลาสติกปิดด้านหลังเบาะของโมเดล Benchmark พบว่าในช่วงของการปรับฉีดจะเกิดของเสียขึ้นเฉลี่ย 17 ชิ้น, ใช้เวลาในการปรับตั้งและฉีดชิ้นงานจนกว่าจะได้ชิ้นงานที่ดีและสามารถเริ่มกระบวนการผลิตจริงได้ใช้เวลาเฉลี่ยอยู่ที่ 33.20 นาที และเปอร์เซ็นต์ของเสียที่เกิดขึ้นในช่วงของการผลิตจริงเฉลี่ยเท่ากับ 1.72% ดังนั้นเพื่อทำการยืนยันผลที่ขึ้นในงานวิจัยนี้พบว่า ปริมาณของเสียประเภทฉีดไม่เต็มและฟองอากาศที่เกิดขึ้นในช่วงการปรับฉีดเกิดขึ้นเฉลี่ย 5 และ 3 ชิ้น ตามลำดับ ปริมาณของเสียรวมทั้งหมดที่เกิดขึ้นในช่วงปรับฉีดเกิดขึ้นเฉลี่ยที่ 6 ชิ้น และเมื่อพิจารณากราฟในรูปที่ 4.20 จะพบว่าปริมาณของเสียรวมทั้งหมดที่เกิดขึ้นในช่วงปรับฉีดน้อยกว่าของโมเดล Benchmark ซึ่งเกิดขึ้นเฉลี่ย 17 ชิ้น

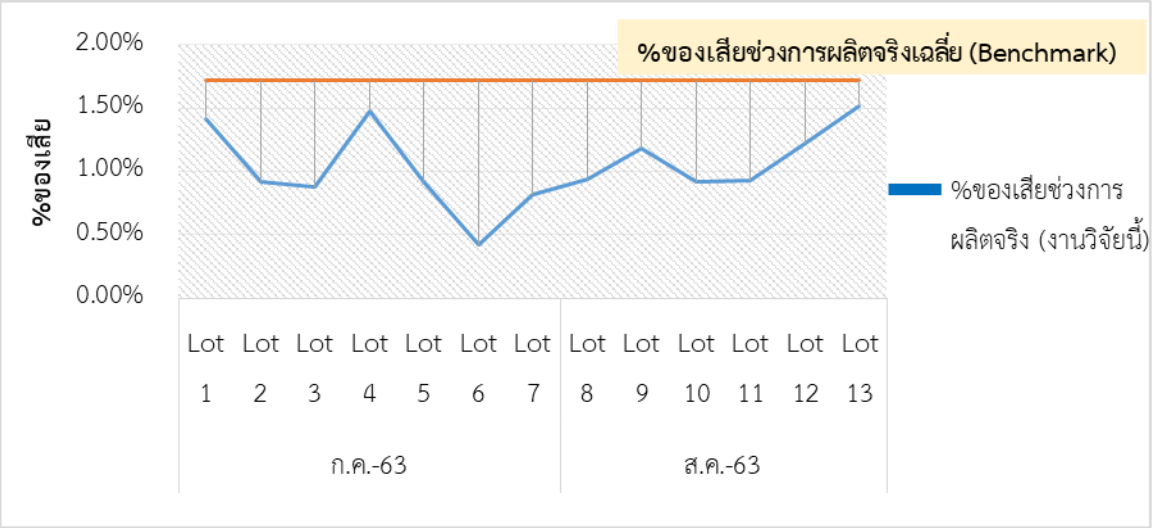


รูปที่ 4.20 แสดงปริมาณของเสียรวมที่เกิดขึ้นในช่วงปรับฉีด (ช่วงยืนยันผลเดือน ก.ค. ถึง ส.ค. 2563) เปรียบเทียบกับโมเดล Benchmark



รูปที่ 4.21 แสดงเวลาที่ใช้ในการปรับตั้งและฉีดชิ้นงานจนกว่าจะได้ชิ้นงานดี (ช่วงยืนยันผลเดือน ก.ค. ถึง ส.ค. 2563) เปรียบเทียบกับโมเดล Benchmark

จากรูปที่ 4.21 เมื่อพิจารณาเวลาที่ใช้ในการปรับตั้งและฉีดชิ้นงานจนกว่าจะได้ชิ้นงานที่ดีและสามารถผลิตชิ้นงานในกระบวนการผลิตจริง พบว่าใช้เวลาในการปรับตั้งและฉีดชิ้นงานจนได้ชิ้นงานที่ดีน้อยกว่าโมเดล Benchmark ซึ่งใช้เวลาในการปรับตั้งเฉลี่ย 33.20 นาที และจากรูปที่ 4.22 จะพบว่าในงานวิจัยนี้ หลังจากทำการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมแล้วทำการผลิตเพื่อยืนยันผลสามารถลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นในช่วงการผลิตจริงได้ โดยเมื่อเปรียบเทียบกับโมเดล Benchmark จะพบว่ามีเปอร์เซ็นต์ของเสียที่เกิดขึ้นในช่วงการผลิตจริงที่น้อยกว่าโมเดล Benchmark โดยเมื่อทำการยืนยันผลที่ได้แล้วจะนำค่าระดับปัจจัยที่เหมาะสมดังกล่าวนี้ไปใช้ในกระบวนการผลิตจริงเพื่อลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นในการปรับฉีดชิ้นงานพลาสติกปิดด้านหลังเบาะด้านซ้ายและประยุกต์ใช้กับการผลิตชิ้นงานพลาสติกปิดด้านหลังด้านขวาต่อไป



รูปที่ 4.22 แสดงกราฟเปอร์เซ็นต์ของเสียในช่วงการผลิตจริง (ช่วงยืนยันผลเดือน ก.ค. – ส.ค. 2563) เปรียบเทียบกับโมเดล Benchmark

4.6 การทดสอบติดตามควบคุม

การทดสอบเพื่อติดตามควบคุมเพื่อศึกษาถึงปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นในช่วงปรับฉีดของชิ้นงานพลาสติกปิดด้านหลังเบาะด้านซ้ายและขวา หลังนำพารามิเตอร์ที่เหมาะสมได้แก่ ความดันในการฉีดควรอยู่ที่ 105 kg/cm^2 , อุณหภูมิเบ้าควรอยู่ที่ 60 °C และอุณหภูมิพลาสติกหลอมเหลวควรอยู่ที่ 230 °C มาปรับใช้ในกระบวนการผลิตจริงในช่วงเดือนกันยายนถึงเดือนพฤศจิกายน 2563 พบว่าปริมาณของเสียประเภทฉีดไม่เต็มที่เกิดขึ้นในช่วงปรับฉีดของชิ้นงานพลาสติกปิดด้านหลังเบาะด้านซ้ายและขวาเฉลี่ยอยู่ที่ 6 ชิ้น, ปริมาณของเสียประเภทฟองอากาศที่เกิดขึ้นในช่วงปรับฉีดของชิ้นงานพลาสติกปิดด้านหลังเบาะด้านซ้ายและขวาเฉลี่ยอยู่ที่ 3 ชิ้น, ปริมาณของเสียรวมทั้งหมดที่เกิดขึ้นในช่วงปรับฉีดของชิ้นงานพลาสติกปิดด้านหลังเบาะด้านซ้ายและขวาเฉลี่ยอยู่ที่ 7 ชิ้น และเปอร์เซ็นต์ของเสียที่เกิดขึ้นในช่วงผลิตจริงของชิ้นงานพลาสติกปิดด้านหลังเบาะด้านซ้ายและขวาเฉลี่ยอยู่ที่ 1.09% นอกจากปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นในช่วงปรับฉีดและกระบวนการผลิตจริงแล้ว ยังพบว่าการใช้ค่าพารามิเตอร์ในการปรับตั้งที่เหมาะสมยังสามารถทำให้ลดเวลาในการทำงานลงได้ เนื่องจากในช่วงก่อนการปรับปรุงจะเห็นได้ว่าเมื่อมีของเสียเกิดขึ้นในช่วงปรับฉีด พนักงานฝ่ายผลิตจะทำการปรับตั้งพารามิเตอร์จนกว่าจะได้ของดีเกิดขึ้นจึงจะทำการผลิตจริงได้ และนอกจากจะต้องใช้เวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรแล้วยังต้องสูญเสียเวลาในการตรวจสอบชิ้นงานจากทางฝ่ายคุณภาพ ทำให้เกิดความสูญเสียเวลาในการทำงานเกิดขึ้นโดยประมาณ 48.57 นาที โดยหลังจากทำการปรับปรุงและได้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมแล้วพบว่าสามารถลดเวลาในการทำงานลงได้โดยประมาณเหลือ 17.60 นาที

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 4.8 แสดงผลการทดลองเพื่อติดตามผลโดยใช้ระดับปัจจัยนำเข้าที่เหมาะสมทำการผลิตชิ้นงานพลาสติกปิดด้านหลังเบาะด้านซ้ายในเดือนกันายายน – พฤศจิกายน 2563

Lot	Injection Pres. (Kg/cm^2)	Core Temp. (°C)	Cavity Temp. (°C)	Melt Temp. (°C)	ปริมาณของเสียในช่วงการปรับฉีด (ชิ้น)					เวลาที่ใช้ในการปรับตั้งและฉีดชิ้นงานจนกว่าจะได้ชิ้นงานดี (นาที)	%ของเสียในช่วงการผลิตจริง
					ประเภทฉีดไม่เต็ม	ประเภทฟองอากาศ	เกิดทั้งฉีดไม่เต็มและฟองอากาศ	ประเภทอื่นๆ	ตกหล่นระหว่าง		
1	105	20	60	230	6	3	3	0	6	17.48	0.81%
2	105	20	60	230	5	3	3	0	5	15.73	1.14%
3	105	20	60	230	7	4	4	1	8	20.71	1.11%
4	105	20	60	230	5	3	3	0	5	15.98	0.88%
5	105	20	60	230	5	2	2	2	7	19.01	1.50%
6	105	20	60	230	5	3	3	0	5	15.62	1.23%
7	105	20	60	230	5	3	2	0	6	17.40	1.12%
8	105	20	60	230	6	2	2	0	6	17.81	1.14%
9	105	20	60	230	6	4	4	1	7	19.52	0.80%
10	105	20	60	230	7	3	3	0	7	19.17	0.77%
11	105	20	60	230	5	2	2	1	6	17.63	1.12%
12	105	20	60	230	5	2	2	0	5	15.18	1.52%

หมายเหตุ : % ของเสียในช่วงการผลิตจริงคิดจากปริมาณการผลิตทั้งหมด

ตารางที่ 4.9 แสดงผลการทดลองเพื่อติดตามผลโดยใช้ระดับปัจจัยนำเข้าที่เหมาะสมทำการผลิตชิ้นงานพลาสติกปิดด้านหลังเบาะด้านขวาในเดือนกันายายน – พฤศจิกายน 2563

Lot	Injection Pres. (Kg/cm^2)	Core Temp. (°C)	Cavity Temp. (°C)	Melt Temp. (°C)	ปริมาณของเสียในช่วงการปรับฉีด (ชิ้น)					เวลาที่ใช้ในการปรับตั้งและฉีดชิ้นงานจนกว่าจะได้ชิ้นงานดี (นาที)	%ของเสียในช่วงการผลิตจริง
					ประเภทฉีดไม่เต็ม	ประเภทฟองอากาศ	เกิดทั้งฉีดไม่เต็มและฟองอากาศ	ประเภทอื่นๆ	รวมทั้งหมด		
1	105	20	60	230	6	4	4	2	8	17.48	0.80%
2	105	20	60	230	6	4	4	1	7	15.73	1.13%
3	105	20	60	230	7	2	2	0	7	20.71	1.11%
4	105	20	60	230	8	3	3	0	8	15.98	0.87%
5	105	20	60	230	5	2	2	0	5	19.01	1.52%
6	105	20	60	230	6	3	3	0	6	15.62	1.23%
7	105	20	60	230	8	3	3	2	10	17.40	1.10%
8	105	20	60	230	5	2	1	1	7	17.81	1.13%
9	105	20	60	230	7	4	3	2	10	19.52	0.79%
10	105	20	60	230	6	3	3	0	6	19.17	0.78%
11	105	20	60	230	6	2	2	0	6	17.63	1.12%
12	105	20	60	230	7	4	4	2	9	15.18	1.49%

หมายเหตุ : % ของเสียในช่วงการผลิตจริงคิดจากปริมาณการผลิตทั้งหมด

บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

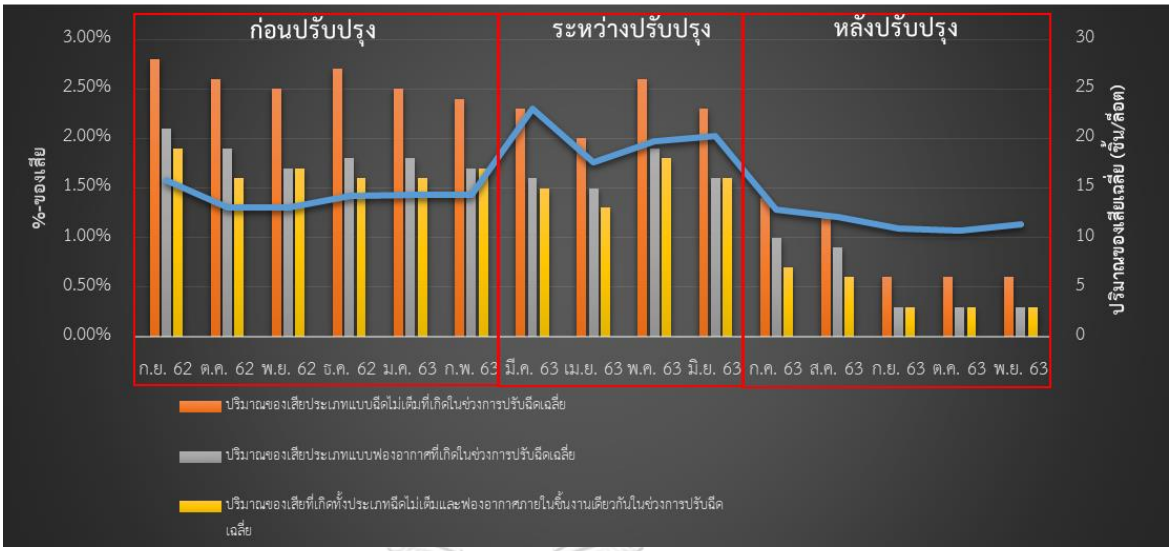
งานวิจัยนี้ใช้แนวทางการออกแบบการทดลอง เพื่อลดข้อบกพร่องหรือของเสียในกระบวนการฉีดพลาสติกในช่วงการปรับฉีดของชิ้นงานพลาสติกปิดด้านหลังเบาะด้านซ้าย โดยเริ่มจากการระดมความคิดและวิเคราะห์ถึงความล้มเหลวและผลกระทบ (FMEA) โดยการทำงานร่วมกันกับทีม โดยจากการศึกษาทดลองพบว่าปัจจัยทั้งหมดที่ส่งผลให้เกิดของเสียประเภทฉีดไม่เต็มและฟองอากาศในช่วงการปรับฉีด ได้แก่ ความดันที่ใช้ในการฉีด, อุณหภูมิเบ้า และอุณหภูมิพลาสติกหลอมเหลว โดยปัจจัยเหล่านี้เป็นปัจจัยหลักซึ่งส่งผลต่อการเกิดของเสียประเภทฉีดไม่เต็มและฟองอากาศอย่างมีนัยสำคัญ จากนั้นทำการหาระดับปัจจัยที่เหมาะสมในการปรับตั้งเครื่องฉีดพลาสติกปิดด้านหลังเบาะด้านซ้าย พบว่าค่าที่เหมาะสมในการปรับตั้งพารามิเตอร์ เพื่อส่งผลให้เกิดของเสียดังกล่าวน้อยที่สุดคือความดันในการฉีด 105 kg/cm^2 ,อุณหภูมิเบ้า 60 ℃ และอุณหภูมิพลาสติกหลอมเหลว 230 ℃ โดยเมื่อนำค่าพารามิเตอร์เหล่านี้ไปทำการปรับตั้งเครื่องฉีดในกระบวนการผลิตชิ้นงานพลาสติกปิดด้านหลังเบาะด้านซ้ายและประยุกต์ใช้กับการผลิตชิ้นงานพลาสติกปิดด้านหลังเบาะด้านขวา พบว่าปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นในช่วงปรับฉีดของชิ้นงานพลาสติกปิดด้านหลังเบาะด้านซ้ายลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยปริมาณของเสียประเภทแบบฉีดไม่เต็มที่เกิดในช่วงการปรับฉีดเฉลี่ยลดลงจาก 25 ชิ้น เหลือเพียง 6 ชิ้น, ปริมาณของเสียประเภทแบบฟองอากาศที่เกิดในช่วงการปรับฉีดเฉลี่ยลดลงจาก 18 เหลือ 3 ชิ้น, ปริมาณของเสียที่เกิดของเสียประเภทฉีดไม่เต็มและฟองอากาศในชิ้นงานเดียวกันในช่วงการปรับฉีดเฉลี่ยลดลงจาก 16 เหลือ 3 ชิ้น และเปอร์เซ็นต์ของเสียในช่วงผลิตจริงลดลงจาก 1.41% เหลือ 1.16% นอกจากปริมาณของเสียที่ลดลงแล้วยังพบว่าการปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยใช้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการปรับตั้งเครื่องฉีดพลาสติกยังสามารถช่วยลดเวลาในการทำงานในช่วงการปรับตั้งลงได้จาก 48.57 นาที ลดลงเหลือ 17.60 นาที ซึ่งทำให้โรงงานกรณีศึกษาสามารถผลิตชิ้นงานพลาสติกปิดด้านหลังเบาะด้านซ้ายเพิ่มขึ้นได้ 21 ชิ้นต่อวัน หรือ 420 ชิ้นต่อเดือน

ตารางที่ 5.1 แสดงการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ของเสียที่เกิดขึ้นก่อนและหลังการปรับปรุงของชิ้นงานพลาสติกปิดด้านหลังเบาะด้านซ้ายและขวา

ปัจจัย	หน่วย	ก่อน ปรับปรุง	หลัง ปรับปรุง
ความดันในการฉีด	kg/cm^2	100	105
อุณหภูมิคอร์	℃	20	25
อุณหภูมิเบ้า	℃	60	60
อุณหภูมพลาสติกหลอมเหลว	℃	220	230
ปริมาณของเสียประเภทแบบฉีดไม่เต็มที่เกิดในช่วงการปรับฉีดเฉลี่ย	ชิ้น/ล็อต	25	6
ปริมาณของเสียประเภทแบบฟองอากาศที่เกิดในช่วงการปรับฉีดเฉลี่ย	ชิ้น/ล็อต	18	3
ปริมาณของเสียที่เกิดทั้งประเภทฉีดไม่เต็มและฟองอากาศภายในชิ้นงานเดียวกันในช่วงการปรับฉีดเฉลี่ย	ชิ้น/ล็อต	16	3
เวลาที่ใช้ในการปรับตั้งและฉีดชิ้นงานจนกว่าจะได้ชิ้นงานดี	นาที	48.57	17.60
เปอร์เซ็นต์ของเสียในช่วงผลิตจริง	-	1.41%	1.16%

หมายเหตุ : เปอร์เซ็นต์ของเสียคิดจากปริมาณการผลิตทั้งหมด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 5.1 แสดงกราฟการเปรียบเทียบปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นในช่วงปรับฉีดและเปอร์เซ็นต์ของเสียก่อน ระหว่างและหลังการปรับปรุงของชิ้นงานพลาสติกปิดด้านหลังเบาะด้านซ้ายและขวา

จากความสัมพันธ์ของปัจจัยแต่ละปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดของของเสียประเภทฉีดไม่เต็มและประเภทฟองอากาศในช่วงของการปรับฉีด พบว่ามีปัจจัยหลักที่เกี่ยวข้อง 3 ปัจจัย คือ ความดันในการฉีด, อุณหภูมิเบ้า และอุณหภูมิของพลาสติกหลอมเหลว โดยสามารถอธิบายความสัมพันธ์ได้ดังนี้

- ความดันในการฉีด พบว่าเมื่อความดันในการฉีดมีค่าเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้เกิดของเสียแบบฉีดไม่เต็มและฟองอากาศที่เกิดขึ้นในช่วงของการปรับฉีดลดลงอย่างมีนัยสำคัญ
- อุณหภูมิเบ้า พบว่าเมื่ออุณหภูมิเบ้ามีค่าเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้เกิดของเสียแบบฉีดไม่เต็มและฟองอากาศที่เกิดขึ้นในช่วงปรับฉีดลดลงอย่างมีนัยสำคัญ
- อุณหภูมิของพลาสติกหลอมเหลว พบว่าเมื่ออุณหภูมิของพลาสติกหลอมเหลวมีค่าเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้เกิดของเสียแบบฉีดไม่เต็มและฟองอากาศที่เกิดขึ้นในช่วงปรับฉีดลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

เมื่อพิจารณาผลของอันตรกิริยาที่มีผลต่อของเสียที่เกิดขึ้นในระหว่างปรับฉีดแบบฉีดไม่เต็มและฟองอากาศ จะเห็นได้ว่าอิทธิพลร่วมของความดันในการฉีดและอุณหภูมิพลาสติกหลอมเหลวส่งผลต่อการเกิดของเสียทั้ง 2 ประเภท อย่างมีนัยสำคัญ กล่าวคือเมื่อทำการปรับตั้งความดันในการฉีดที่สูงขึ้นและปรับตั้งอุณหภูมิพลาสติกหลอมเหลวที่สูงขึ้น จะส่งผลให้ปริมาณของเสียเกิดขึ้นน้อยลงอย่างมีนัยสำคัญ

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. โรงงานกรณีศึกษาสามารถนำแนวทางในการปรับปรุงไปประยุกต์ใช้กับชิ้นงานพลาสติกชนิดอื่นๆ ที่มีลักษะเดียวกันยกตัวอย่างเช่นชิ้นงานพลาสติกชนิดที่ 2 นั้นเป็นชิ้นงานที่มีรูปร่างลักษณะของชิ้นงานที่สมมาตรกันกับชิ้นงานพลาสติกชนิดที่ 1 และถูกนำไปใช้งานในลักษณะเดียวกันคือใช้ประกอบกับด้านหลังของบริเวณเบาะรถยนต์ เพื่อทำการลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้น

2. สามารถนำแนวทางในการปรับปรุงไปประยุกต์ใช้กับชิ้นงานพลาสติกชนิดที่ 3-8 ได้ เนื่องจากมีการใช้วัสดุพอลิเมอร์ในการผลิตชนิดเดียวกัน

3. ทางโรงงานกรณีศึกษาสามารถนำเอาปัจจัยอื่นๆ ที่มีคะแนน RPN รองลงมาจากที่ทางผู้วิจัยได้เลือกในการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ มาทำการวิเคราะห์หรือนำมาประยุกต์ใช้ หากต้องการลดปริมาณของเสียให้มากขึ้น

4. การปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพและทำให้การดำเนินงานราบรื่น ทุกๆ ฝ่ายงานควรให้ความร่วมมือเพื่อช่วยกันระดมความคิดในการร่วมกันแก้ไขปัญหา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก ค่าการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา

ตาราง ก.1 แสดงการให้คะแนนของปัจจัยที่อาจส่งผลต่อการเกิดของเสียประเภทฉีดไม่เต็มและฟองอากาศ

ลำดับ	ปัจจัย	รายการสาเหตุและตัวแปรที่เป็นปัจจัยป้อนเข้า	คะแนนของคณะทำงานคนที่					
			1	2	3	4	5	6
1	เครื่องจักร (Machine)	ความดันฉีดไม่เหมาะสม	9	9	9	9	9	9
2		ความดันต้านการถอยของเกลียวหนอนไม่เหมาะสม	3	1	3	3	3	3
3		อุณหภูมิคอร์ไม่เหมาะสม	9	9	9	9	9	9
4		อุณหภูมิเบ้าไม่เหมาะสม	9	9	9	9	9	9
5		ความเร็วในการฉีดไม่เหมาะสม	9	9	9	9	9	9
6		สภาพแม่พิมพ์ไม่เหมาะสม	9	9	9	9	9	9
7		เครื่องจักรไม่มีประสิทธิภาพ	9	9	9	9	9	9
8		เครื่องจักรในการผลิตต่างกัน	9	3	9	9	9	9
9		ช่องระบายอากาศไม่เหมาะสม	3	3	3	3	3	9
10		อุณหภูมิพลาสติกหลอมเหลวไม่เหมาะสม	9	9	9	9	9	9
11		แม่พิมพ์สึกหรอ	9	3	9	9	9	9
12		การสึกหรอของแหวนกันไหลย้อนกลับ	9	9	9	9	9	9
13		เวลาในการหล่อเย็นไม่เหมาะสม	3	3	3	3	3	3
14	คน (Man)	พนักงานไม่ปฏิบัติตาม WI	3	3	3	3	3	3
15		พนักงานไม่เข้าใจวิธีการทำงาน	3	3	3	3	3	3
16		พนักงานใหม่ไม่มีการฝึกอบรม	3	3	1	3	3	1
17		พนักงานมีการทำงานเป็นกะ	1	3	1	1	1	1
18		พนักงานไม่มีความชำนาญ	3	3	3	3	3	3
19	วัตถุดิบ (Material)	วัตถุต่างล็อตการผลิตกัน	3	3	3	3	3	3
20		พื้นที่และสภาวะในการจัดเก็บไม่เหมาะสม	1	3	1	1	1	1
21		วัตถุดิบไม่มีคุณภาพ	3	9	3	3	3	3
22	วิธีการปฏิบัติงาน (Method)	การทำความสะอาดแม่พิมพ์ไม่เหมาะสม	3	3	3	3	3	3
23		วิธีการตรวจสอบของเสียที่เกิดขึ้นไม่ชัดเจน	3	3	1	3	3	3
24		พนักงานในสายการผลิตเป็นผู้กำหนดและปรับตั้งพารามิเตอร์ต่างๆ	3	9	3	3	3	3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ก.1 แสดงการให้คะแนนของปัจจัยที่อาจส่งผลต่อการเกิดของเสียประเภทฉีดไม่เต็มและฟองอากาศ (ต่อ)

ลำดับ	ปัจจัย	รายการสาเหตุและตัวแปรที่เป็นปัจจัยป้อนเข้า	คะแนนของคณะทำงานคนที่					
			1	2	3	4	5	6
25	สิ่งแวดล้อม (Environment)	การถ่ายเทอากาศไม่เหมาะสม	1	1	1	1	1	1
26		อุณหภูมิสภาพแวดล้อมในการทำงานไม่เหมาะสม	1	3	1	1	1	1
27		ความชื้นไม่เหมาะสม	1	1	1	1	1	1

หมายเหตุ : คณะทำงานคนที่ 1 คือ วิศวกรผู้ควบคุมการผลิต

คณะทำงานคนที่ 2 คือ วิศวกรฝ่ายวางแผนการผลิต

คณะทำงานคนที่ 3 คือ วิศวกรฝ่ายซ่อมบำรุงเครื่องจักร

คณะทำงานคนที่ 4 คือ หัวหน้างานควบคุมการผลิตทั้งในกะเช้าและบ่าย

คณะทำงานคนที่ 5 คือ พนักงานปฏิบัติการ (Operators) ฝ่ายผลิตทั้งในกะเช้าและบ่าย

คณะทำงานคนที่ 6 คือ ช่างซ่อมบำรุง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ก.2 แสดงการสรุปการให้คะแนนของปัจจัยที่อาจส่งผลต่อการเกิดของเสียประเภทฉีดไม่เต็มและฟองอากาศ

ลำดับ	ปัจจัย	รายการสาเหตุและตัวแปรที่เป็นปัจจัยป้อนเข้า	ผลสรุปการให้คะแนน
1	เครื่องจักร (Machine)	ความดันฉีดไม่เหมาะสม	9
2		ความดันต้านการถอยของเกลียวหนอนไม่เหมาะสม	3
3		อุณหภูมิคอร์ไม่เหมาะสม	9
4		อุณหภูมิเบ้าไม่เหมาะสม	9
5		ความเร็วในการฉีดไม่เหมาะสม	9
6		สภาพแม่พิมพ์ไม่เหมาะสม	9
7		เครื่องจักรไม่มีประสิทธิภาพ	9
8		เครื่องจักรในการผลิตต่างกัน	9
9		ช่องระบายอากาศไม่เหมาะสม	3
10		อุณหภูมิพลาสติกหลอมเหลวไม่เหมาะสม	9
11		แม่พิมพ์สึกหรอ	9
12		การสึกหรอของแหวนกันไหลย้อนกลับ	9
13		เวลาในการหล่อเย็นไม่เหมาะสม	3
14	คน (Man)	พนักงานไม่ปฏิบัติตาม WI	3
15		พนักงานไม่เข้าใจวิธีการทำงาน	3
16		พนักงานใหม่ไม่มีการฝึกอบรม	3
17		พนักงานมีการทำงานเป็นกะ	1
18		พนักงานไม่มีความชำนาญ	3
19	วัตถุดิบ (Material)	วัตถุต่างล็อตการผลิตกัน	3
20		พื้นที่และสภาวะในการจัดเก็บไม่เหมาะสม	1
21		วัตถุดิบไม่มีคุณภาพ	3
22	วิธีการปฏิบัติงาน (Method)	การทำความสะอาดแม่พิมพ์ไม่เหมาะสม	3
23		วิธีการตรวจสอบของเสียที่เกิดขึ้นไม่ชัดเจน	3
24		พนักงานในสายการผลิตเป็นผู้กำหนดและปรับตั้งพารามิเตอร์ต่างๆ	3
25	สิ่งแวดล้อม (Environment)	การถ่ายเทอากาศไม่เหมาะสม	1
26		อุณหภูมิสภาพแวดล้อมในการทำงานไม่เหมาะสม	1
27		ความชื้นไม่เหมาะสม	1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย Chulalongkorn University

บรรณานุกรม

1. อภิชัย ไกรนุกูล. 2020 แนวโน้มยอดขายยานยนต์ไทยฟื้น. 2019 [15 ธันวาคม 2019]; แหล่งที่มา : https://www.autowoke.com/news/2020-แนวโน้มยอดขายยานยนต์.
2. ผู้จัดการออนไลน์. อุตฯ ยานยนต์เวียดนามโตพุ่ง แม้นำเข้าจากไทยจะเพิ่มกว่า 46%. 2019 [15 ธันวาคม 2019]; แหล่งที่มา : https://mgronline.com/stockmarket/detail/9620000097532.
3. Thaiengine. รู้จักองค์ประกอบของรถยนต์แต่ละคันกันดีกว่า. 2017 [15 ธันวาคม 2019]; แหล่งที่มา : https://thaiengine.org/รูองค์ประกอบของรถยนต์.
4. GREEDISGOODS. Lean คืออะไร รู้จักกับลีน Lean Manufacturing. 2018 [2 มกราคม 2020] ; แหล่งที่มา : https://greedisgoods.com/lean-คือ.
5. เกียรติพงษ์ อุดมธนะธีระ. ขั้นตอนการสร้างระบบ Lean (5 Lean Principles). 2018 [2 มกราคม 2020]; แหล่งที่มา : https://www.iok2u.com/index.php/article/industry/698-lean-lean-5-lean-principles.
6. รัชต์วรรณ กาญจนปัญญาคม, การศึกษางานอุตสาหกรรม. 2009, กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ ท้อป จำกัด.
7. GREEDISGOODS. หลัก 3 Mu คืออะไร มีอะไรบ้าง. 2018 [4 มกราคม 2020]; แหล่งที่มา : https://greedisgoods.com/หลัก-3-mu-คือ-อะไร.
8. GREEDISGOODS. 7 Waste คือ อะไร? ความสูญเสีย 7 ประการ มีอะไรบ้าง? 2018 [4 มกราคม 2020]; แหล่งที่มา: https://greedisgoods.com/7-waste-คือ.
9. สถาบันฝึกอบรมสัมมนาBig Q Training. 6 BIG LOSSES ที่ทำให้การทำงานไม่เต็มประสิทธิภาพ. 2019 [4 มกราคม 2020]; แหล่งที่มา: http://www.bigq.co.th/article_detail.php?id=4.
10. BI Company. การประยุกต์ใช้กฎของพาเรโต้ หรือกฎ 80/20. 2018 [7 มกราคม 2020]; แหล่งที่มา : https://www.rdbi.co.th/2018/11/pareto-chart/.
11. กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, หลักการการควบคุมคุณภาพ. 2007, กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
12. GREEDISGOODS. แผนผังก้างปลา Fishbone Diagram คืออะไร. 2018 [7 มกราคม 2020]; แหล่งที่มา : https://greedisgoods.com/แผนผังก้างปลา-fishbone-diagram-คือ.
13. ผศ.ดร.พนม เพชรจตุพร. ผังก้างปลา (Fishbone Diagram). 2019 [7 มกราคม 2020];

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แหล่งที่มา : http://msit.mut.ac.th/index.php/blog/fishbone-diagram-1.

14. จิตรา รู้กิจการพานิช, การออกแบบการทำงาน คู่มือสำหรับนิสิตนักศึกษา วิศวกร หัวหน้างาน เจ้าของกิจการ. 2014, กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
15. ปารเมศ ชุติมา, การออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม. 2002, กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
16. รศ.วิโรจน์ เตชะวิญญูธรรม, งานฉีดพลาสติก. 2017, กรุงเทพฯ: บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน).
17. Inno Molding. Injection Molding. [10 January 2020]; Available from: https://www.mouldingchina.com/services/injection-molding-service.
18. วัชรากร อรุณวิราม, บุญชัย แซ่สิ้ว, ศุภรัชชัย วรรัตน์, การลดเวลาสูญเปล่าและของเสียในกระบวนการขึ้นรูปพลาสติกด้วยระบบสุญญากาศ. 2015. สาขาการจัดการทางวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
19. ภูมินทร์ แจ่มเชื้อ, การลดฟองอากาศในกระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก, 2011 ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
20. จิระวัฒน์ แตงไทย, การลดสัดส่วนของเสียที่เกิดจากโพรงอากาศในกระบวนการขึ้นรูปไมโครชิป , 2010. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
21. ชยันต์ เสาสุทแสน, การออกแบบแผนการทดลองเพื่อปรับปรุงคุณภาพในกระบวนการฉีดพลาสติก กรณีศึกษาโรงงานฉีดพลาสติก, 2005. วิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
22. ชุติกาญจน์ ลีธีระ, ณัฐฑิชา หมั่นขีด, นิลวรรณ ชุ่มฤทธิ์, การลดเวลาติดตั้งและปรับแต่งแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก. 2019. ฉบับที่ 26 (ครั้งที่ 3): หน้า 102-110
23. ภาวิณี อาจปรุ, การลดเวลาสูญเปล่าในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เบรกเกอร์. 2008, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
24. จิรายุ ประภาอนันตชัย, การลดของเสียชุดปรับกระจกมองข้างรถยนต์. 2010 .ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
25. I. Mawrdi, A. Jannifar, H. Lubis. Effect of Injection Temperature on Defect Plastic Products. 2019. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering
26. E. Costa, R. Sousa, S. Braganca, A. Alves. An Industrial Application of the SMED Methodology and Other Lean Production Tools. 2014. Centre for Industrial and Technology Management, Department of Production and Systems (DPS), University of Minho, Guimaraes, Portugal

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

27. C. Rosa, F.J.G.S., L. Pinto Ferreira, and R. Campilho, SMED methodology: The reduction of setup times for Steel Wire-Rope assembly lines in the automotive industry. Procedia Manufacturing 13, 2017: p. 1034-1042.

28. รุจิรา อุไรพงษ์. การปรับปรุงค่าความชื้นของเม็ดพลาสติกคอมพาวด์ในกระบวนการผสมเม็ดพลาสติกกับสารเติมแต่งและการบรรจุภัณฑ์โดยใช้แนวทางซิกซ์ซิกม่า, 2009. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	พรรษชล พวงดี
วัน เดือน ปี เกิด	27 สิงหาคม 2535
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
วุฒิการศึกษา	สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต จากคณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สาขาปิโตรเคมีและวัสดุพอลิเมอร์ จากมหาวิทยาลัยศิลปากร ในปีการศึกษา 2557 และได้ศึกษาต่อในหลักสูตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2561

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University